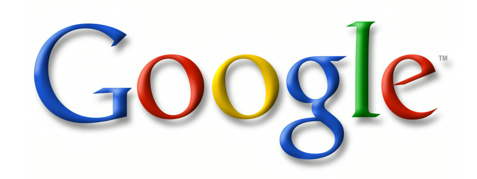
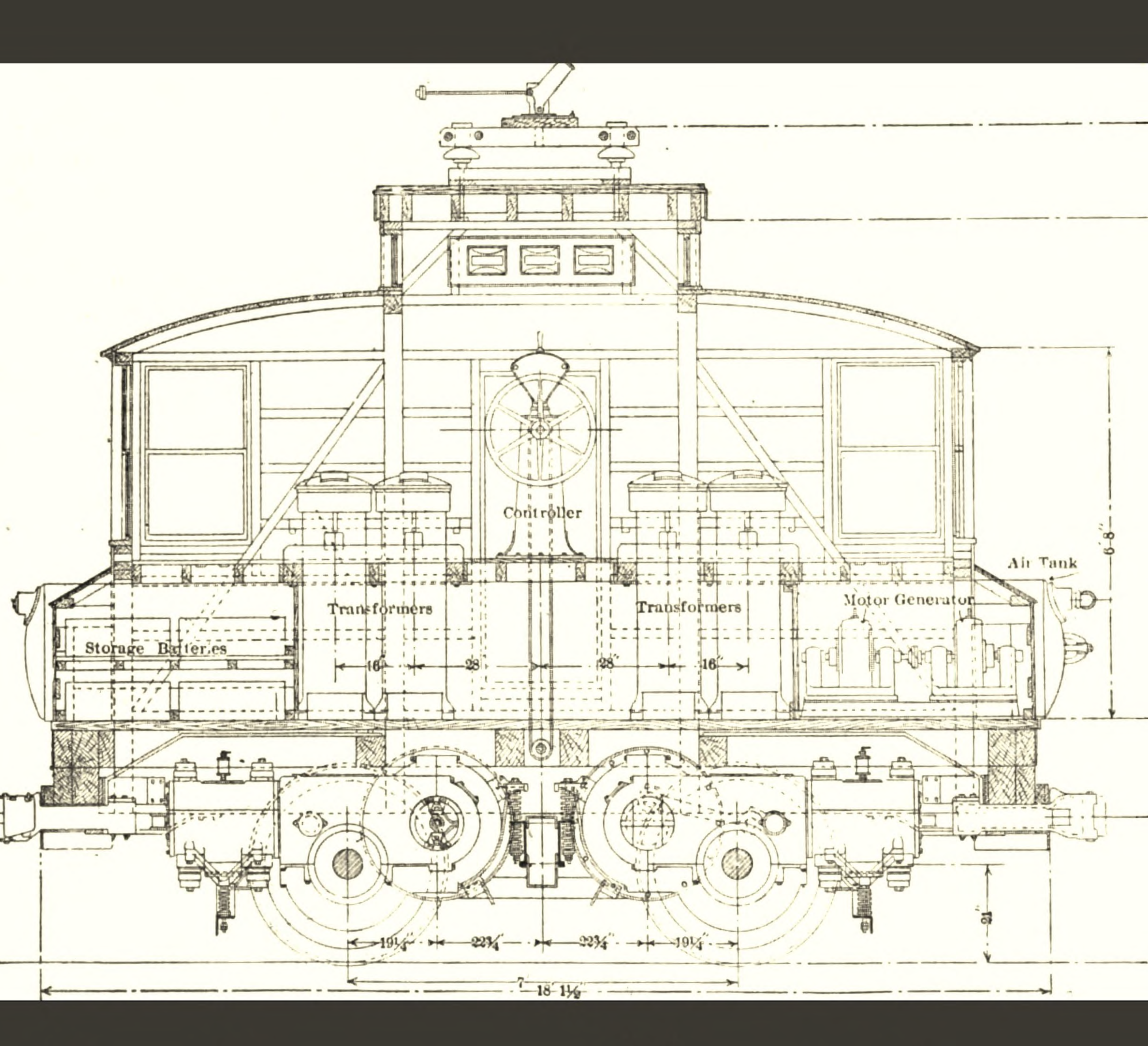




La Revue électrique

Union techniques
des syndicats de l'électricité


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE
Transferred to
GENERAL LIBRARY
Digitized by Google



LA

REVUE ÉLECTRIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

34615 Quai des Grands-Augustins, 55.

LA

REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

J. BLONDIN,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, PROFESSEUR AU COLLÈGE ROLLIN.

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, CHARPENTIER, COURTOIS, DA COSTA,
JACQUIN, JUMAU, GOISOT, GUILBERT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN,
PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

TOME I

Janvier-Juin 1904.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1904

Tome I. — N° 1. 15 janvier 1904.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Charpentier, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, Guilbert, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Maurain, Pellissier, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

SOMMAIRE.

I. **Articles :** L'Accumulateur Edison, par L. Jumau, p. 2; Essais de traction par courant alternatif simple, système Arnold, par J. Blondin, p. 13.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 17; Transmission et Distribution, p. 20; Moteurs électriques, p. 24.

III. **Brevets d'invention,** p. 27. — IV. **Bibliographie,** p. 29. — V. **Variétés et informations,** p. 30.

NOTRE PROGRAMME.

Les travaux scientifiques et industriels sont aujourd'hui si nombreux et si disséminés qu'il est matériellement impossible au savant ou à l'ingénieur de connaître tous ceux qui peuvent lui être utiles. Bien des tentatives ont été faites dans ces dernières années pour remédier à cet inconvénient. Sans parler de l'œuvre considérable entreprise par la *Royal Society*, on publie de plus en plus des recueils spéciaux qui rendent de grands services en donnant des *analyses* des Mémoires originaux. Mais, pour être efficace, cette publication doit être rapide : elle doit de plus s'étendre aux inventions et aux perfectionnements apportés chaque jour dans l'industrie.

C'est dans le but de faire connaître, aussi rapidement et aussi complètement que possible, les Travaux, Mémoires et Inventions relatifs à l'Électricité qu'a été fondée *La Revue électrique*.

Chaque livraison comprendra cinq Parties : 1° Articles de fond; 2° Analyses et Comptes rendus; 3° Brevets d'invention ou Périodiques; 4° Bibliographie; 5° Variétés et Informations.

Dans la première Partie prendront place les Mémoires et Travaux originaux, les Descriptions d'installations récentes et d'appareils nouveaux méritant une mention spéciale, enfin les Revues critiques destinées à donner une vue d'ensemble des progrès accomplis dans une des branches de l'Électricité. Nous nous attacherons à multiplier ces revues critiques, qui seront toujours assez largement documentées pour rendre service aux spécialistes en leur évitant, en particulier, le travail fatigant des recherches bibliographiques.

Mais, quels que soient leur intérêt et leur importance, les revues d'ensemble ne sauraient suffire pour tenir nos lecteurs au courant de toutes les questions d'électricité; la seconde Partie de *La Revue électrique* le permettra en donnant les analyses des Travaux et Mémoires récemment publiés dans les périodiques français et étrangers, les Descriptions des inventions nouvelles les plus intéressantes, les Comptes rendus des communications faites aux Sociétés savantes et techniques, etc.

Dans la troisième Partie se trouveront réunis, suivant une classification méthodique, les titres des Brevets pris en France, en Allemagne, en Angleterre et aux États-Unis; les brevets français, qui ne sont pas soumis à l'examen préalable, seront tous mentionnés; parmi les brevets étrangers, nous ne retiendrons que ceux ayant été reconnus valables. Les titres des articles publiés dans les périodiques et qui n'auront pu être analysés, seront également signalés et classés de la même manière.

La quatrième Partie fera connaître les Ouvrages de publication récente.

Enfin la dernière Partie tiendra nos lecteurs au courant des nouvelles informations.

Tel est, dans ses grandes lignes, le programme que nous nous sommes tracé. Sa réalisation soulève des difficultés que nous ne nous dissimulons pas. Mais nous savons pouvoir compter sur des collaborateurs éprouvés qui ne ménageront ni leur temps ni leur peine. Qu'ils nous permettent, en nous mettant à l'œuvre, de les remercier ici de leur précieux concours.

J. Blondin.

L'ACCUMULATEUR EDISON.

Les premiers brevets Edison relatifs au couple fer-potasse-peroxyde de nickel datent de février 1901 (1). Le 21 mai de cette même année, le Dr Arthur E. Kennelly communiquait à l'*American Institute of Electrical Engineers* les premiers résultats obtenus sur le nouvel accumulateur. Nous avons analysé et commenté d'autre part (2) ces premiers résultats.

Depuis cette époque, un certain nombre de brevets sont venus s'ajouter aux premiers, amenant une suite de perfectionnements, soit dans le mode de fabrication des matières actives, soit dans le procédé de constitution des plaques, soit encore dans le système de montage de l'accumulateur fer-nickel. Toutes ces modifications successives ont été décrites en détail dans *L'Éclairage électrique* (3).

Il semble qu'actuellement, après les premiers tâtonnements du début, l'accumulateur Edison tente ses premiers pas dans la voie si épineuse de la pratique industrielle. Depuis peu, quelques éléments ont enfin traversé l'océan et ont été présentés officiellement en France à la Société internationale des Électriciens (4).

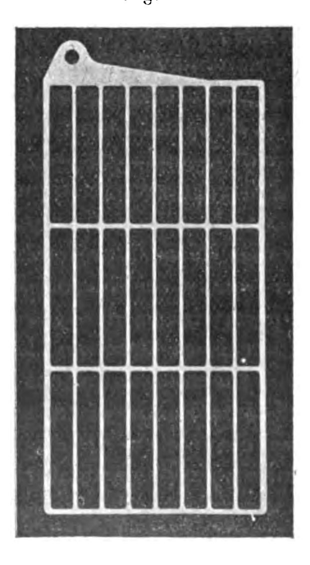
Ces éléments se présentent sous un aspect autrement séduisant que nos accumulateurs au plomb et, au point de vue esthétique, on doit leur donner la palme. Cependant, comme un accumulateur ne tire pas ses mérites uniquement de la beauté, les électriciens ont été heureux d'apprendre que la nouvelle pile réversible a été soumise à des essais officiels. Ces essais marquent une nouvelle étape dans l'histoire de l'accumulateur Édison, et nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de résumer et de commenter les principaux résultats obtenus.

En France, les expériences ont été exécutées simultanément, d'une part, au Laboratoire central d'Électricité, sous la direction de M. Janet, et, d'autre part, au laboratoire d'électricité de l'École de physique et de chimie, sous la direction de M. Hospitalier. En Angleterre, les essais ont été effectués par M. W. Hibbert.

Nous analyserons simultanément ces différents essais qui, d'ailleurs, ont été entrepris sur des éléments identiques.

DESCRIPTION DE L'ÉLÉMENT D'ESSAI. — L'élément essayé se compose de 28 plaques (14 positives et 14 négatives). Chaque plaque est constituée d'une grille découpée dans une tôle d'acier nickelé de $0^{mm},625$ d'épaisseur et a comme dimensions : hauteur 260^{mm}, largeur 125^{mm}. Cette grille, représentée en figure 1, est perforée de

Fig. 1.



24 alvéoles rectangulaires disposés en 3 rangées horizontales de 8 alvéoles; chaque alvéole a ainsi $74^{mm},5$ de hauteur et $12^{mm},7$ de largeur. C'est dans ces alvéoles que l'on vient loger les pochettes renfermant la matière active.

(1) Brevet français 307864 du 5 février 1901. Brevet anglais 2490 du 5 février 1901.

(2) *L'Éclairage électrique*, t. XXVIII, p. 124, 27 juillet 1901.

(3) *L'Éclairage électrique*, t. XXIX, p. 93, 19 octobre 1901; t. XXXV, p. 316, 23 mai 1903; t. XXXV, p. 458, 20 juin 1903; t. XXXVI, p. 100, 18 juillet 1903. Nous ne parlons ici que de ce qui concerne l'accumulateur fer-nickel, Edison ayant en outre étudié d'autres couples également décrits dans ce périodique.

(4) Conférence de M. Janet, 4 novembre 1903.

Pour préparer la matière active positive, on fabrique d'abord l'hydrate de nickel, $Ni(OH)^2$, en précipitant à chaud une dissolution d'azotate de nickel par l'hydrate de magnésie. Ce précipité est lavé puis séché. A l'état pulvérulent et sec, on le transforme en hydrate de peroxyde, $Ni^2O^3, 3H^2O$ ou $Ni^2(OH)^6$, à l'aide d'un courant de chlore sec, d'après l'équation

$$3Ni(OH)^2 + 2Cl = NiCl^2 + Ni^2(OH)^6.$$

Après lavage, le peroxyde de nickel hydraté est prêt à servir. Comme ce corps est très médiocrement conducteur, on le mélange à du graphite en paillettes dans la proportion de 6 parties de peroxyde pour 4 parties de graphite. Ces paillettes de graphite n'ont que quelques millimètres de diamètre. Le mélange humecté d'eau et de potasse est étalé sur une plaque de verre et pressé en feuille mince à l'aide d'un rouleau de verre ou de porcelaine; la feuille, détachée du verre au moyen d'une spatule, est brisée en morceaux, puis recylindrée. On répète l'opération jusqu'à ce que la matière active recouvre chaque paillette de graphite.

Le choix de la magnésie comme oxyde de précipitation est très important pour avoir un précipité d'hydrate de nickel se rassemblant, se lavant facilement et se séchant à l'état pulvérulent. L'opération du cylindrage a également une grande importance, car le broyage ne respecterait pas les paillettes de graphite.

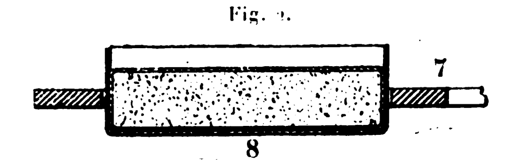
Lorsque la pâte est ainsi préparée, on la comprime à une pression de 300^{kg} par centimètre carré, et on la moule en forme de briquettes rectangulaires ayant 72^{mm} de longueur, 10^{mm} de largeur et 2^{mm} d'épaisseur.

On obtient la matière active négative en partant du sesquioxyde de fer Fe^2O^3. Celui-ci, à l'état pulvérulent, est réduit dans un courant d'hydrogène sec, à la température de 480°C. Après le refroidissement, on laisse encore passer pendant 15 heures le courant d'hydrogène. La masse noire que l'on retire après ce traitement renferme, outre le fer réduit, une grande proportion de protoxyde de fer et un peu d'oxyde magnétique. La réduction préalable du sesquioxyde de fer par l'hydrogène est nécessaire, car le protoxyde est le seul oxyde de fer capable d'être réduit à l'état métallique par électrolyse en solution alcaline. La prolongation du passage de l'hydrogène après refroidissement a une très grande importance. Elle a pour effet de rendre le protoxyde obtenu non pyrophorique. On ne connaît pas encore les causes de cette action. Toujours est-il que, sans cette précaution, on ne pourrait pas manier le protoxyde, qui a la propriété de s'enflammer spontanément à l'air.

Pour rendre plus conductrice la matière active ainsi préparée, on mélange à cette matière finement divisée et à l'état humide (1) du cuivre ammoniacal et de l'oxyde de mercure précipité, dans la proportion 64 pour 100 de fer, 30 pour 100 de cuivre et 6 pour 100 de mercure. Le fer réduit aussitôt les deux autres métaux en passant partiellement à l'état d'oxyde et il se forme, avec dégagement d'ammoniaque, de l'amalgame de cuivre qui recouvre les particules élémentaires de fer. Ce mélange est aussitôt comprimé à l'état de briquettes dans les mêmes conditions qu'à l'électrode positive.

Chaque briquette de matière active est placée dans une boîte plate en acier nickelé de $0^{mm},075$ d'épaisseur et possédant, sur ses deux grands côtés, de fines perforations, de dimension inférieure à celle des paillettes de graphite. Ces boîtes sont formées de deux cuvettes qui s'engagent l'une dans l'autre, l'enveloppe extérieure débordant légèrement sur l'enveloppe intérieure, ainsi que le montre la figure 2. Les boîtes munies de

Fig. 2.

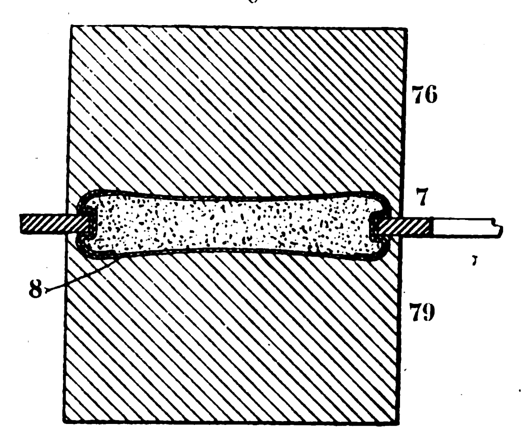


leurs briquettes sont disposées dans les alvéoles des grilles dont elles ont exactement les dimensions. La plaque entière est ensuite placée entre deux matrices de forme convenable et comprimée sous une force de 200 tonnes à la presse hydraulique. Sous l'action de ces matrices, les boîtes sont écrasées, leurs bords supérieurs sont rabattus et elles sont ainsi serties sur la grille. En même temps, les deux grandes faces de ces boîtes sont

(1) Dans les premières plaques négatives le fer réduit était mélangé de graphite en paillettes, comme les plaques positives. Le mélange avec l'amalgame de cuivre a fait l'objet d'un brevet spécial (*L'Éclairage électrique*, t. XXXV, p. 458, 20 juin 1903).

rendues légèrement concaves, ce qui permet à la matière de foisonner en charge et de se contracter en décharge sans occasionner de contact entre les plaques et sans faire cesser la communication conductrice entre la matière et la boîte. La figure 3

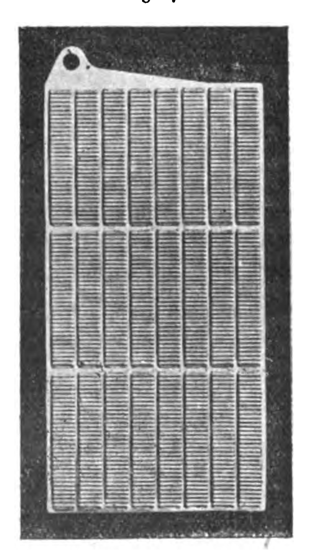
Fig. 3.



représente une des pochettes placée dans son alvéole et soumise à l'action des deux matrices.

La plaque terminée (*fig.* 4), de dimensions :

Fig. 4.

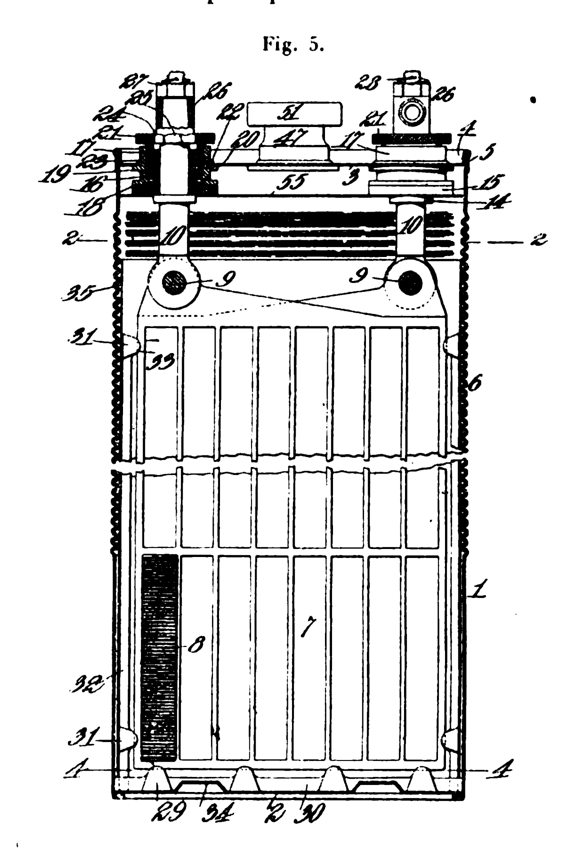


hauteur 260^{mm}, largeur 125^{mm}, épaisseur 2^{mm}, pèse environ 138^{g}, dont 15^{g} de grille.

Les 28 plaques qui composent l'élément sont montées dans un vase en tôle d'acier très mince, nickelée et ondulée pour augmenter la rigidité. Ce récipient est doublé intérieurement d'une plaque mince en ébonite pour éviter les courts-circuits intérieurs. Les plaques ne sont écartées que d'un millimètre, cet écartement étant assuré à l'aide des plaques minces en ébonite qui sont rainurées, ainsi que par des baguettes verticales en ébonite; elles reposent sur quatre tasseaux également en ébonite.

Ce vase est fermé hermétiquement à l'aide d'un couvercle soudé au moyen d'un alliage de 75 parties de cadmium et de 25 parties d'étain. Quatre ouvertures sont pratiquées dans ce couvercle :

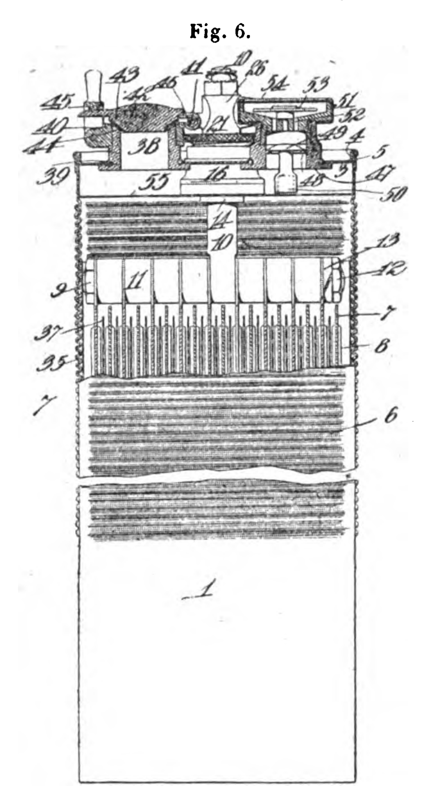
Fig. 5.



deux laissent passer les conducteurs à travers une garniture étanche et isolante. Une troisième ouverture munie d'une fermeture hermétique, avec joint en caoutchouc, sert au remplissage de l'élément. La dernière sert au dégagement gazeux; elle comprend un clapet qui ne se soulève que lorsque les gaz ont une certaine pression; au-dessus du clapet se trouvent des ajutages, puis une plaque (déflecteur) qui diminuent la vitesse des gaz et arrêtent les vésicules liquides; enfin, le tout est contenu dans un capuchon, en forme de champignon, fermé par une toile métallique destinée à éviter toute explosion du mélange dé-

tonant. Tous ces différents détails sont nettement représentés dans les figures 5, 6 et 7 qui montrent

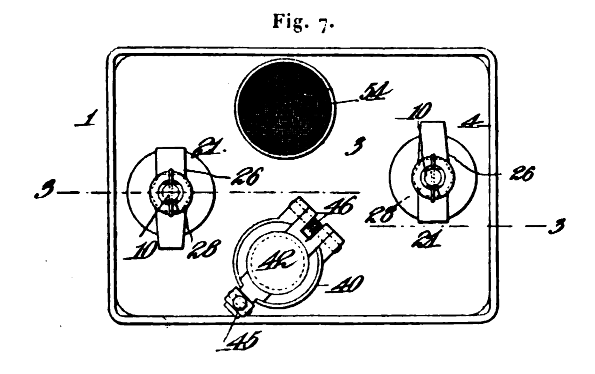
Fig. 6.



respectivement deux coupes en élévation de l'élément dans les deux sens et une vue en plan du couvercle.

On remplit le vase d'une solution de potasse à

Fig. 7.



20 pour 100 qui est protégée de la carbonatation par l'atmosphère intérieure d'hydrogène et d'oxygène.

L'élément à 28 plaques avait comme principales constantes les valeurs indiquées dans le Tableau ci-dessous.

	Élément essayé par		
	M. Janet.	M. Hospitalier.	M. Hibbert.
Longueur de l'élément (sens des plaques)...	mm 125	mm 130	mm 129,5
Largeur de l'élément...	89	92	89
Hauteur du bac.......	»	302	»
Hauteur totale d'encombrement (y compris les prises de courant).	340	335	340
Poids des électrodes et du bac..............	kg 6,09	kg 5,925	kg »
Poids de l'électrolyte..	1,79	1,785	»
Poids des connexions..	0,06	0,060	»
Poids total de l'élément.	7,94	7,770	8,09

Le poids moyen de l'élément est $7^{kg},94$. Si l'on considère que le poids total des électrodes est égal à $138.28 = 3864^{g}$, on trouve pour la valeur du coefficient d'accessoires $\frac{7940}{3864} = 2,05$. On constate que cette valeur est plus élevée que celle correspondante des accumulateurs légers au plomb; pour ceux-ci, en effet, on a en général 1,5 à 1,6 comme coefficient d'accessoires. La différence obtenue malgré le rapprochement extrême des plaques provient évidemment de la faible densité moyenne des électrodes de l'élément Edison.

Étant donné qu'il y a environ 2^{kg} de matière active par élément, le poids d'une électrode se décompose comme suit :

	g
Grille en tôle d'acier nickelé.........	15
24 boîtes en tôle d'acier nickelé......	51,6
Matière active......................	71,4
Total..........	138

de sorte que le rapport entre le poids de la matière active et le poids total de la plaque est $\frac{71,4}{138} = 0,517$. Ce rapport est un peu plus faible que celui que l'on constate avec les accumulateurs légers au plomb pour lesquels on obtient facilement 0,65. C'est encore à la faible densité moyenne de la matière active que l'on doit cette différence, malgré la faible épaisseur de la tôle d'acier nickelé employée pour la grille et pour les cuvettes.

Expériences. — Les nouvelles expériences ne nous apprennent rien quant à la théorie de l'accumulateur Edison. Il est probable que la charge transforme le peroxyde de nickel Ni^2O^3 en oxyde

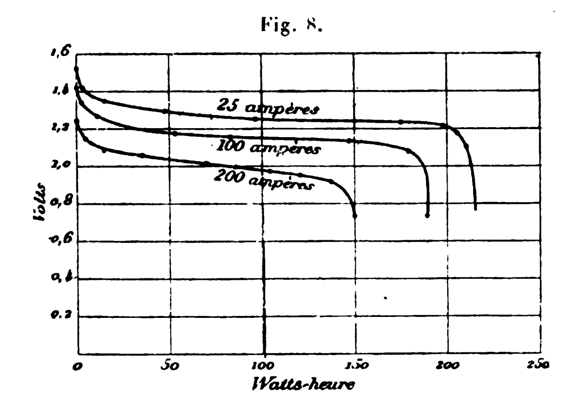
1.

supérieur NiO^2; cependant, il n'est pas impossible qu'un oxyde plus élevé, tel que NiO^4, prenne naissance. A la négative, pendant la charge, le protoxyde se réduit à l'état de fer métallique. Pendant la décharge, les actions chimiques inverses doivent avoir lieu.

Allure de la décharge. — L'allure des courbes de décharge a été étudiée et l'on a bien retrouvé les résultats annoncés en 1901 par le Dr E. Kennelly à l'American Institute of Electrical Engineers (1).

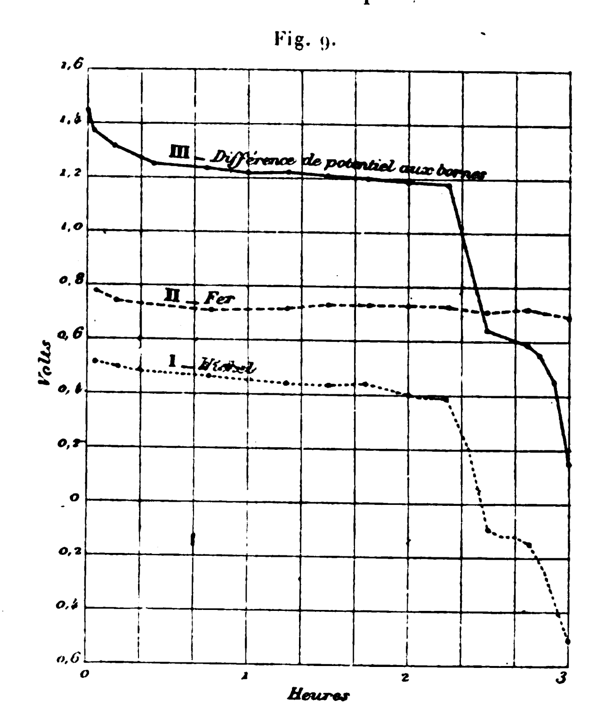
D'une façon générale, la différence de potentiel aux bornes présente la même allure, mais avec des valeurs inférieures, que celle de l'accumulateur au plomb : il y a baisse rapide dans les premières minutes, puis une partie presque constante et qui représente la plus grande portion de la décharge; enfin un crochet assez brusque à la fin de celle-ci. La figure 8 indique, d'après

Fig. 8.



M. Janet, l'allure des courbes de décharge de l'élément ci-dessus décrit pour les trois régimes différents : 25, 100 et 200 ampères. Au lieu de porter les temps en abscisses, on a pris ici comme unités les watts-heure. En continuant les décharges après le crochet, on constate un second palier entre 0,6 et 0,7 volt, puis la différence de potentiel descend jusqu'à 0. Dans la figure 9, la courbe III indique nettement ce deuxième palier. On a recherché, au Laboratoire central d'Électricité, à quelle électrode est imputable ce second palier. Pour cela, en même temps qu'on mesurait la différence de potentiel aux bornes (courbe III), on déterminait les variations de tension anodique et cathodique en utilisant comme électrode auxiliaire la tôle nickelée du bac. Les courbes I et II indiquent les valeurs de la différence de potentiel entre le bac et l'anode d'une part, et entre le bac

Fig. 9.



et la cathode d'autre part. On voit que, tandis que la tension cathodique reste presque sensiblement constante, la tension anodique offre la même allure que la différence de potentiel aux bornes. C'est donc à l'électrode de nickel que l'on doit le deuxième palier et l'on peut supposer qu'après réduction de NiO^2 en Ni^2O^3, ce dernier corps se réduit à son tour. Il est assez naturel que la capacité soit limitée par les positives. En effet, si l'on suppose que les réactions de la décharge sont bien oxydation de Fe à l'état de FeO et réduction de NiO^2 en Ni^2O^3, il faut théoriquement $1^g,0447$ Fe par ampère-heure, tandis qu'il faut $3^g,383$ NiO^2.

Des courbes de la figure 8, on peut déduire la variation de la différence de potentiel moyenne en fonction du régime de décharge exprimé en heures. On trouve alors les valeurs suivantes :

Régime de décharge.		Différence de potentiel moyenne en volts.
Intensité en ampères.	Temps en heures.	
25	6,78	1,27
100	1,63	1,17
200	0,74	1,04

(1) *L'Éclairage électrique*, t. XXVIII, p. 126, 27 juillet 1901.

On peut en conclure que la différence de potentiel moyenne de l'accumulateur Edison baisse plus rapidement que celle de l'accumulateur au plomb lorsque l'intensité augmente. Le fait est probablement imputable à une résistance intérieure un peu plus grande. Par suite, d'autre part, de la force électromotrice beaucoup plus faible, le rapport entre les différences de potentiel moyennes aux différents régimes baisse notablement plus vite dans le cas de l'accumulateur Edison. Voici, en effet, quelques chiffres comparatifs pris d'après un élément au plomb d'un type léger pour automobiles :

	Accumulateurs Edison.	Accumulateurs au plomb.
Rapport (Diff. de pot. moy. (régime de 1,63 h.)) / (Diff. de pot. moy. (régime de 6,78 h.)) .	0,92	0,95
Rapport (Diff. de pot. moy. (régime de 0,74 h.)) / (Diff. de pot. moy. (régime de 6,78 h.)) .	0,82	0,92

La résistance intérieure de l'accumulateur Edison paraît surtout dépendre de la résistance au passage des électrodes. M. Janet donne en effet les valeurs 0,0025 ohm et 0,0035 ohm pour les résistances fin charge et fin décharge de l'élément Edison essayé ici, soit en moyenne 0,003 ohm. Or, étant donné le rapprochement des plaques à une distance de 1^{mm}, la résistance due à l'électrolyte, à la température de 18°C., ne serait, d'après les tables de résistivités de la potasse, que de 0,000023 ohm ; cette valeur est plus de 100 fois moindre que celle de la résistance constatée pour l'élément ; elle est donc négligeable.

Capacité et énergie. — Parmi les essais effectués, ceux relatifs à la détermination de la capacité et de l'énergie spécifiques sont des plus importants à considérer. Tous ces essais s'accordent à montrer que, dans de grandes limites d'intensité, la capacité de l'élément Édison baisse très peu. C'est là un avantage incontestable sur l'accumulateur au plomb et qui tient certainement en grande partie à l'invariabilité de l'électrolyte, celui-ci n'entrant pas en réaction comme il le fait dans l'accumulateur au plomb. Voici d'ailleurs les chiffres trouvés au Laboratoire central d'Électricité.

INTENSITÉ en ampères.	DIFFÉRENCE de potentiel moyenne en volts.	PUISSANCE moyenne en watts.	CAPACITÉ en ampères-heure.	ÉNERGIE en watts-heure.	VALEURS MASSIQUES RAPPORTÉES A L'UNITÉ DE POIDS D'ÉLÉMENT. Ampères par kilogramme.	Ampères-heure par kilogramme.	Watts par kilogramme.	Watts-heure par kilogramme.
25	1,27	31,8	170	217	3,15	21,40	4,00	27,75
100	1,17	117	164	191	12,60	20,65	14,72	24,07
198	1,04	206	156	162	24,90	19,65	26,90	20,04

Malgré la baisse plus rapide de la différence de potentiel moyenne aux bornes en fonction de l'intensité, l'énergie de l'élément Édison diminue beaucoup moins vite que celle de l'accumulateur au plomb en fonction de la puissance. Ce fait est nettement mis en évidence par les courbes (1) de la figure 10 relatives à la variation de l'énergie massique en fonction de la puissance massique, en rapportant au poids total d'élément. Les courbes I, II et III ont été obtenues sur l'élément Edison, précédemment décrit, d'après les essais effectués respectivement au Laboratoire central d'Electricité (I), par M. Hibbert (II) et par M. Hospitalier (III). Les courbes IV, V et VI sont relatives à des accumulateurs légers au plomb : IV se rapporte à un élément Contal essayé au Laboratoire central d'Électricité, V à un élément Fulmen essayé en 1899 à l'Automobile-Club de France, et VI à un élément Blot-Fulmen, d'après le Catalogue.

De ces résultats on peut conclure que l'énergie massique de l'accumulateur Edison ne devient supérieure à celle de l'accumulateur léger au

(1) *L'Industrie électrique,* t. XII, p. 496, 10 novembre 1903.

plomb que pour les régimes très élevés. Cependant, si nous comparons l'élément Edison aux accumulateurs les plus employés en automobilisme et pour les régimes pratiquement utilisés et qui sont compris entre 5 et 3 heures comme temps de décharge, nous trouvons les valeurs exprimées dans le Tableau suivant :

TYPE DE L'ÉLÉMENT	FULMEN.		B. G. S.		T. E. M.		HEINZ.		MAX.		EDISON					
											d'après M. Janet.		d'après M. Hibbert.		d'après M. Hospitalier.	
DURÉE DE LA DÉCHARGE EN HEURES	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.
Intensité massique en ampères par kilogramme d'élément	2,37	3,62	2,72	3,98	2,81	4,02	2,36	3,40	2,73	3,64	4,32	7,20	4,44	7,34	4,35	7,17
Capacité massique correspondante en amp.-heure par kilogramme d'élément	11,85	10,90	13,61	11,95	14,10	12,10	11,79	10,19	13,63	10,91	21,60	21,60	22,20	22,0	21,80	21,50
Différence de potentiel moyenne à la décharge, en volts	1,95	1,92	1,95	1,92	1,95	1,92	1,95	1,92	1,95	1,92	1,24	1,20	1,24	1,20	1,24	1,20
Puissance massique en watts par kilogramme d'élément	4,62	6,95	5,30	7,64	5,47	7,71	4,60	6,53	5,32	6,98	5,35	8,65	5,5	8,8	5,4	8,6
Énergie massique correspondante en watts-heure par kilogramme d'élément	23,11	20,93	26,54	22,94	27,49	23,23	23,00	19,56	26,59	20,94	26,75	25,95	27,5	26,4	27,0	25,8

Ce Tableau montre que, pour le régime le plus employé (régime de 5 heures), l'accumulateur Edison ne donne pas une énergie massique supérieure à celle des meilleurs accumulateurs au plomb. Au régime de 3 heures, la supériorité de l'élément Edison est encore faible et l'énergie massique ne dépasse que de 10 à 15 pour 100 celle des meilleurs accumulateurs au plomb.

Mais si l'on rapporte l'énergie, non plus à l'unité de masse, mais à l'unité de volume, on constate que l'accumulateur Edison se place en état d'infériorité par rapport à l'accumulateur au plomb. Dans le Tableau suivant, nous avons comparé à ce point de vue les mêmes accumulateurs que dans le précédent Tableau.

TYPE DE L'ÉLÉMENT	FULMEN.		B.G.S.		T.E.M.		HEINZ.		MAX.		EDISON					
											d'après M. Janet.		d'après M. Hibbert.		d'après M. Hospitalier.	
DURÉE DE LA DÉCHARGE EN HEURES	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.	5.	3.
Intensité volumique, en ampères par décimètre cube d'élément	5,44	8,33	6,84	10,00	7,04	10,07	6,28	9,06	6,35	8,48	9,06	15,10	9,15	15,13	8,46	13,90
Capacité volumique correspondante, en amp.-heure par décim. cube d'élément	27,20	25,00	34,20	30,00	35,20	30,20	31,40	27,18	31,75	25,44	45,30	45,30	45,75	45,40	42,30	41,70
Puissance volumique, en watts par décimètre cube d'élément	10,60	16,00	13,31	19,20	13,78	19,30	12,26	17,37	12,40	16,27	11,22	18,15	11,34	18,15	10,48	16,70
Energie volumique correspondante, en watts-heure par décim. cube d'élément	53,00	48,00	66,55	57,60	68,90	57,90	61,30	52,10	62,00	48,80	56,10	54,45	56,70	54,45	52,40	50,10

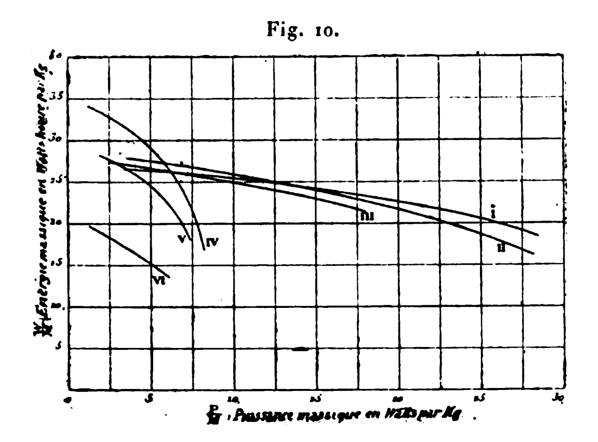
Les chiffres de ce Tableau se rapportent dans tous les cas à l'encombrement total des éléments, en y comprenant les connexions. Au régime de 5 heures, le plus fréquemment employé, l'accumulateur Edison donne, à égalité de volume, une énergie très notablement inférieure à celle de l'accumulateur au plomb, la différence pouvant atteindre 20 pour 100. Au régime de 3 heures, il



y a encore infériorité par rapport aux meilleurs accumulateurs au plomb; mais la différence n'est plus que de 5 à 9 pour 100.

Au Laboratoire central d'Électricité, on a recherché l'influence de différents facteurs sur la

Fig. 10.



capacité. On a trouvé que le régime de charge influe sensiblement. C'est ainsi qu'en fournissant à l'élément Edison décrit précédemment une quantité d'électricité toujours égale à 220 ampères-heure, mais à des régimes différents, on obtenait les valeurs suivantes aux décharges effectuées au même régime, 60 ampères.

INTENSITÉ de charge en ampères.	DÉCHARGE A 60 AMPÈRES.	
	Capacité en ampères-heure.	Énergie en watts-heure.
20	156	189
60	148	181
100	142	173
200	117	145

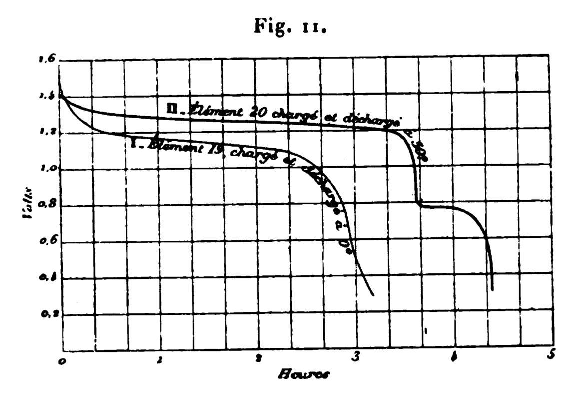
Pour les deux derniers régimes, nous ne pouvons pas faire de comparaison avec l'accumulateur au plomb, ces régimes n'étant jamais employés en pratique, du moins lorsque l'élément doit être déchargé complètement.

Si nous nous en tenons aux deux premiers régimes (charges variant de 11 heures à 3 ou 4 heures), nous savons que l'intensité de charge n'a sur la capacité aucune influence sensible dans le cas de l'accumulateur au plomb, lorsqu'on applique, comme c'est ici le cas, un rendement en quantité qui ne dépasse pas 0,70. Faisons bien remarquer d'ailleurs que nous ne parlons que de l'influence sur la capacité.

Notre opinion est que, dans le cas de l'accumulateur Edison, ce n'est pas tant l'intensité de charge qui influe sur la baisse de capacité que la diminution de rendement en quantité qui est corrélative à l'augmentation d'intensité de charge. La cause de ce phénomène doit très probablement être attribuée à la grande résistance intérieure de la matière active. L'électrolyte par lui-même ayant une résistance excessivement faible due à la faible résistivité de la potasse d'une part et à l'extrême rapprochement des électrodes d'autre part, permet d'adopter des intensités élevées de charge; mais on atteint rapidement la tension correspondant au dégagement gazeux sur les deux électrodes. A partir de ce moment, presque toute l'énergie est dépensée dans l'électrolyse de la potasse, les actions électrolytiques ne pénétrant que difficilement dans les couches internes de la matière active trop résistante.

L'influence de la température est nettement définie par les courbes de la figure 11 données par M. Janet. Les expériences ont été faites dans ce cas sur deux éléments de petites dimensions. Pour l'élément que nous avons décrit, l'intensité de décharge correspondante serait 46 ampères. L'élément I était chargé et déchargé à la température 0° C., l'élément II était maintenu à 50° C. pendant la charge et la décharge. En prenant le

Fig. 11.

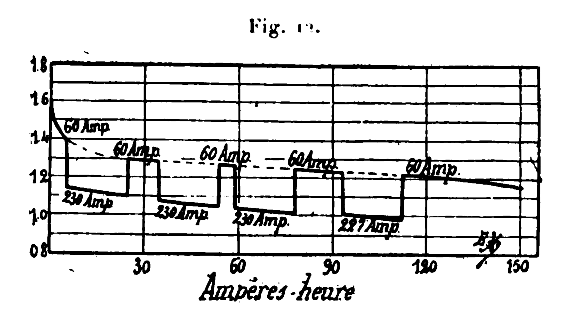


rapport des capacités débitées dans les deux cas jusqu'à la différence de potentiel minima 0,8 volt, on trouve environ 1,27. On en déduit qu'entre 0° C. et 50° C. la capacité augmente d'environ 0,54 pour 100 par degré C. La variation est moins grande que dans le cas de l'accumulateur au plomb; pour celui-ci, on trouve en

effet, à un régime de décharge semblable (comme temps de décharge), une augmentation de capacité au moins double de la précédente et souvent même triple ou quadruple, selon le type de plaques. A première vue, ces résultats paraissent assez rationnels puisque dans l'accumulateur Edison l'électrolyte ne participe pas aux réactions chimiques qui s'accomplissent pendant la décharge. L'augmentation de température qui, dans le cas de l'accumulateur au plomb, agit à la fois sur le coefficient de diffusion de l'acide sulfurique qu'elle augmente et sur la résistivité de l'électrolyte imprégnant les pores de la matière active, résistivité qu'elle diminue, cette augmentation de température, disons-nous, ne doit s'exercer que sur ce dernier point dans l'accumulateur Edison et augmenter ainsi qu'on le sait le coefficient d'utilisation de la matière active, mais dans une moindre proportion que dans l'accumulateur au plomb.

L'invariabilité de l'électrolyte explique encore l'expérience suivante faite par M. W. Hibbert. L'élément décrit ci-dessus était déchargé à 60 ampères pendant quelques instants, puis on portait brusquement l'intensité de décharge à 230 ampères; après un temps très court, on revenait à l'intensité 60 ampères et ainsi de suite. La figure 12 montre les variations de la différence

Fig. 12.



de potentiel aux bornes pendant ces expériences. On remarque que cette différence de potentiel s'abaisse ou se relève instantanément pour passer d'un point correspondant à la courbe de décharge à 60 ampères à un autre point correspondant à la courbe de décharge à 230 ampères.

On sait qu'il n'en est pas ainsi avec l'accumulateur au plomb, la différence de potentiel passant alors par des valeurs intermédiaires et la courbe présentant un arrondi à chaque variation de régime. Dans ce cas, en effet, avant d'arriver à la stabilité de tension pour un régime donné, il faut qu'il s'établisse un équilibre entre l'acide disparaissant à l'état de sulfate dans les réactions de la décharge et l'acide amené à l'intérieur des pores de la matière active soit par la diffusion, soit par les courants de concentration.

Conservation de la charge. — Au sujet de la conservation de la charge, les mesures effectuées au Laboratoire central d'Électricité ont montré que l'élément Edison perdait, en 8 jours, 12 pour 100 de sa capacité et 19 pour 100 de son énergie.

Il est assez difficile d'établir une comparaison avec l'accumulateur au plomb, les actions locales de ce dernier étant très variables, notamment avec le degré de pureté des substances constitutives de l'élément et avec la concentration de l'acide. Notons, cependant, qu'il est facile de construire un accumulateur au plomb, à substances pures, ne perdant pas plus de 5 pour 100 de sa capacité en 8 jours. Dans le cas de l'accumulateur Edison, il serait intéressant de rechercher si ces actions locales n'augmentent pas après un long temps de service par suite d'une électrolyse possible de nickel sur la cathode.

Rendement. — Afin de déterminer le rendement de l'accumulateur Edison, l'élément du Laboratoire central d'Électricité était chargé et déchargé à la même intensité, 50 ampères (correspondant à un temps de décharge voisin de 3 heures). Les résultats suivants ont été obtenus :

QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ EN AMP.-HEURE.		ÉNERGIE EN WATTS-HEURE.		RENDEMENT	
Chargée.	Déchargée.	Chargée.	Déchargée.	en quantité.	en énergie.
253	156	440	189	0,617	0,430
227	151	398	186	0,666	0,467
204	149	355	183	0,730	0,515
196	145	340	178	0,740	0,524
177	140	305	170	0,791	0,550

Quoique le rendement d'un accumulateur soit une quantité très variable et dépendant d'un grand nombre de facteurs, il apparaît nettement que, même en considérant l'intensité assez élevée de ces essais, l'accumulateur Edison a un plus faible rendement en quantité que l'accumulateur au plomb, si l'on exige la capacité totale. Ce rendement se relève lorsque, au lieu de faire des charges complètes, on ne fait que des charges partielles; mais on sait que, dans les mêmes conditions, le rendement en quantité de l'accumulateur au plomb se rapproche beaucoup de l'unité et dépasse facilement 0,90.

Quant au rapport entre le rendement en énergie et le rendement en quantité, il est très notablement plus faible dans l'accumulateur Edison que dans l'accumulateur au plomb. On a, en effet, ici $\frac{0,43}{0,617} = 0,697$; ce rapport n'augmente d'ailleurs pas sensiblement lorsque les charges ne sont que partielles, et la valeur la plus élevée obtenue est $\frac{0,524}{0,740} = 0,708$. Ce rapport représente, pour des charges et décharges effectuées à intensité constante, le quotient $\frac{e_{moy.}}{e'_{moy.}}$ de la différence de potentiel moyenne de décharge $e_{moy.}$ à celle de charge $e'_{moy.}$. Dans l'accumulateur au plomb, cette valeur est voisine de 0,8 et supérieure même quand il s'agit de charges partielles.

La différence doit provenir d'une résistance intérieure plus grande de l'élément Edison et aussi probablement un peu de ce fait que, par suite de la faible force électromotrice du couple, le rapport entre celle-ci et la tension correspondante au dégagement gazeux sur les électrodes est plus faible que le même rapport dû à l'élément au plomb.

Durée. — Le Laboratoire central d'Électricité a entrepris des essais de durée sur l'élément Edison. A cet effet, après 27 charges et décharges préliminaires, l'élément était soumis à des décharges à intensité variable représentant sensiblement les régimes demandés par un parcours d'automobile. Pendant 50 décharges, la quantité d'électricité débitée par décharge était de 133 ampères-heure; dans les décharges suivantes, elle atteignait 141 ampères-heure, soit :

14	minutes	à 49,8	ampères
5	»	à 97,5	»
22	minutes	à 33,5	ampères
52	»	à 82	»
11	»	à 88,3	»
30	»	à 43,4	»

Les charges se faisaient à potentiel constant 1,7 volt. Leur durée était de 3 heures 45 minutes; l'intensité débutait à 73 ampères environ et finissait à 60 ampères.

Un appareil automatique effectuait ces diverses manœuvres et l'élément subissait 4 charges et 4 décharges en 24 heures.

La capacité initiale étant 165 ampères-heure au régime de 30 ampères, on retrouvait cette valeur après 77 décharges. Après 125 décharges, la capacité était devenue 160 ampères-heure. Enfin, après 175 décharges, on obtenait encore 162 ampères-heure.

Les essais n'étant pas terminés, on ne peut pas encore indiquer la durée des électrodes dans l'accumulateur Edison. Celui-ci périra-t-il par chute de matière ou par simple changement d'état moléculaire de cette matière, amenant une diminution de capacité, ou bien encore par attaque des supports? Ce sont des questions auxquelles les faits ne peuvent encore répondre.

Cependant, dans l'état actuel des essais, on peut dire que les électrodes de l'accumulateur Edison ont déjà dépassé la durée des électrodes des accumulateurs légers au plomb.

Conclusions. — Au point de vue purement technique, l'accumulateur Edison présente un très réel intérêt. Il tient ses qualités de l'emploi de substances à faible équivalent électrochimique. Il suffit, en effet, théoriquement, de $1^{g},0447$ Fe et $3^{g},383$ NiO^2, soit en tout $4^{g},427$ de matière active, tandis que l'accumulateur au plomb exige $3^{g},86$ Pb et $4^{g},46$ PbO^2, soit en tout $8^{g},32$ de matière active. Ses autres qualités lui viennent de l'invariabilité de l'électrolyte. Celui-ci ne participant pas aux réactions chimiques, il n'y a pas à craindre d'en réduire la masse. Cela permet de réduire à la fois et le poids et l'encombrement, pendant que, d'autre part, les principales constantes de l'accumulateur deviennent, comme nous l'avons vu, beaucoup moins sensibles à l'influence des principaux facteurs variables. Malheureusement, on ne tire pas de ces avantages tout le bénéfice qu'on en pourrait obtenir par suite de la résistance relativement élevée de la

matière active, ce qui nécessite l'addition de matières conductrices qui viennent augmenter le poids, l'encombrement et compliquer la fabrication. Malgré cette addition, la résistance intérieure reste encore assez grande et il en résulte les inconvénients que nous avons examinés.

Au point de vue pratique, les applications possibles de l'accumulateur Edison, dans son état actuel, sont forcément très limitées. Son prix élevé et son mauvais rendement en font en effet un article de luxe. Comme tel, on ne peut guère songer à son emploi dans les applications à poste fixe. Dans les applications transportables, et particulièrement en automobilisme, son emploi est très possible; mais est-il plus avantageux que l'accumulateur au plomb? Nous avons vu qu'aux régimes ordinairement employés en automobilisme, il n'est pas plus léger, mais est plus encombrant que l'accumulateur au plomb. Donc, premier point, pour un même poids de batterie, il n'augmentera pas la longueur des parcours possibles sans recharge; comme tel, il verra son application limitée à l'automobilisme urbain. En deuxième lieu, son encombrement peut être un gros inconvénient, car, très souvent, l'emplacement est au moins aussi limité que le poids dans les voitures. Les chiffres comparatifs que nous avons donnés entre l'accumulateur Edison et l'accumulateur au plomb sont plutôt favorables au premier, car nous n'avons comparé qu'un élément de chaque type. Il est bien évident que si, au lieu de supposer des batteries de même nombre d'éléments, nous comparons des batteries devant donner la même énergie sous la même tension, la différence entre les encombrements s'accentuera. D'une part, en effet, la batterie Edison devra renfermer $\frac{1,95}{1,25} = 1,56$ fois plus d'éléments que la batterie au plomb; d'autre part, les bacs de la première étant métalliques devront être séparés par un isolant, tandis que les bacs d'ébonite des accumulateurs au plomb sont placés en contact direct, du moins dans un sens.

L'accumulateur Edison a l'avantage très réel de permettre des intensités très élevées sans baisse trop sensible d'énergie.

Voyons quel parti l'on peut tirer de cet avantage. Ou bien, pour un même poids de batterie et un même parcours total, la batterie Edison permettra d'aller plus vite. Or il est évident que dans les villes, où la vitesse est forcément limitée, on ne saurait bénéficier de cet avantage. Ou bien, en second lieu, pour une même vitesse et un même parcours total réduit (la décharge se faisant alors plus rapidement que dans les conditions actuelles), on pourra prendre un poids de batterie un peu plus réduit (mais pas un encombrement) avec l'accumulateur Edison qu'avec l'accumulateur au plomb. Actuellement, une voiture renfermant comme batterie 30 à 35 pour 100 de son poids peut effectuer, sans recharge, environ 100^{km} à la vitesse de 20^{km} à l'heure (régime de 5 heures) aussi bien avec l'élément Edison qu'avec l'élément au plomb. Si l'on se contente d'un parcours total de 40^{km} à la même vitesse (régime de 2 heures), on pourra alléger un peu plus la voiture dans le cas de l'accumulateur Edison, ou encore, pour un même allègement, obtenir un parcours un peu plus grand dans ce dernier cas.

Mais alors l'accumulateur Edison ne devient avantageux que dans l'hypothèse des parcours réduits et pour lesquels il faut envisager la possibilité d'une recharge dans la journée.

Si nous examinons la question au point de vue économique, nous pouvons dire qu'il n'est pas du tout démontré par les essais publiés que l'accumulateur Edison l'emporte sur l'accumulateur au plomb.

Il est vrai que les expériences du Laboratoire central d'Électricité ont montré que la durée des électrodes de l'accumulateur Edison est certainement supérieure à celle de l'accumulateur léger au plomb; mais il reste maintenant à déterminer dans quelles limites. Il ne suffit pas que deux électrodes aient même durée pour être équivalentes économiquement. Cela n'est vrai que si ces deux électrodes ont même prix de revient. Quoiqu'il n'ait rien été dit sur le prix de revient de l'accumulateur Edison, il n'est pas douteux qu'il doit être beaucoup plus élevé que celui de l'accumulateur au plomb. Nous nous garderons bien de faire une évaluation même approximative de ce prix, celui-ci dépendant, dans de grandes limites, de l'importance de la fabrication (l'accumulateur Edison exigeant un matériel très coûteux) et de la pureté des matières employées. Mais il suffit de considérer, d'une part, la différence de prix des matières premières (le nickel et ses sels ont un prix plus que décuple de celui du plomb et de ses sels) et, d'autre part, la diffé-

rence des traitements que l'on fait subir à ces matières (¹) avant d'en faire des plaques, pour se convaincre que l'accumulateur Edison est beaucoup plus cher que l'accumulateur au plomb. Et si l'on suppose, par exemple, que ce prix soit deux à trois fois plus élevé, il ne suffit pas que la durée en soit deux à trois fois supérieure pour qu'il y ait égalité au point de vue économique, car il faut faire entrer alors en ligne de compte l'intérêt et l'amortissement du capital engagé dans une batterie (très supérieurs dans le cas de l'élément Edison) et aussi la différence sur la consommation d'énergie, cette dernière étant plus élevée avec l'accumulateur Edison (le rendement étant plus faible). La question reste donc ouverte jusqu'à détermination exacte de la durée des éléments Edison et de leur prix.

L. JUMAU.

(¹) Dans le cas de l'accumulateur au plomb, le traitement est excessivement simple, puisqu'il suffit de remplir les supports à l'aide des oxydes de plomb simplement malaxés avec un liant comme l'acide sulfurique. On a vu, au contraire, d'après la description des électrodes Edison, quelle série d'opérations il faut faire subir aux matières actives avant de les introduire dans les supports.

ESSAIS DE TRACTION PAR COURANT ALTERNATIF SIMPLE

SYSTÈME ÉLECTROPNEUMATIQUE B.-J. ARNOLD.

En raison des avantages qu'il présente pour le démarrage et le réglage de la vitesse, le moteur à courant continu fut universellement adopté pour la traction, tant qu'il s'agit de l'exploitation des lignes de tramways urbaines. Lorsque l'augmentation de la longueur des lignes à desservir créa des difficultés pour la transmission économique de l'énergie par courant continu sous la tension de 500 à 600 volts, on tourna ces difficultés en effectuant cette transmission par courants alternatifs sous haute tension, tout en continuant à utiliser pour la traction le courant continu, engendré dans des sous-stations de transformation disposées à faible distance des points à alimenter. Mais, lorsque les ingénieurs électriciens envisagèrent la possibilité de substituer la traction électrique à la traction à vapeur sur les grandes lignes de chemin de fer, d'autres solutions furent examinées : tout d'abord les qualités des moteurs à champ tournant firent prévaloir l'usage des courants alternatifs triphasés; toutefois la nécessité d'employer alors deux prises de courants mobiles (le troisième conducteur de la ligne de transmission étant constitué par les rails de roulement) engagea les inventeurs à rechercher s'il ne serait pas possible de remédier aux inconvénients du moteur à courant alternatif simple.

Relater les systèmes qui ont été proposés dans ce but nous entraînerait trop loin et, d'ailleurs, leur description et leur comparaison doivent faire l'objet d'un article d'ensemble qui paraîtra bientôt dans ces colonnes.

Bornons-nous pour le moment à faire connaître l'un des systèmes, celui de M. B.-J. Arnold, sur lequel l'inventeur vient de fournir quelques détails intéressants publiés dans les numéros de janvier des journaux techniques américains (¹).

(¹) Les premiers travaux de M. Arnold sur la question remontent à plus de 4 ans, par conséquent à une époque où l'application à la traction des courants alternatifs, particulièrement des courants alternatifs simples, était à peine envisagée comme possible C'est en effet dans une Communication faite le 16 août 1900, à Paris, à la réunion que tinrent, à l'occasion de l'Exposition, l'American Institute of Electrical Engineers de New-York et l'Institution of Electrical Engineers de Londres, qu'il posa pour la première fois le problème de l'emploi du courant alternatif pour la traction sur les grandes lignes; trois autres Communications, faites le 24 août 1901 au Congrès de Niagara-Falls, le 19 juin 1902 au Congrès de Great-Barrington, et enfin, le 26 septembre 1902, à New-York, lui donnèrent l'occasion d'en montrer l'économie.

Toutefois, dans ces diverses Communications, l'auteur n'indiquait que le principe du système qu'il préconisait : emploi d'un équipement composé d'un moteur à courant alternatif et d'un moteur à air comprimé, le moteur électrique étant établi pour la puissance moyenne qui

1...

La figure 1 représente schématiquement le dispositif adopté. R et S sont respectivement le rotor et le stator d'un moteur d'induction monophasé.

Le rotor est relié par un train d'engrenage G à l'essieu A du véhicule et, par une manivelle C', au piston d'un cylindre RC. Quant au stator, qui peut tourner autour de l'axe du rotor, il est relié par la manivelle C au piston d'un second cylindre SC. L'un et l'autre de ces cylindres communiquent avec des réservoirs à air situés sous les véhicules et sont munis de soupapes commandées électriquement de la plate-forme et permettant d'utiliser ces cylindres, soit pour comprimer de

Fig. 1.

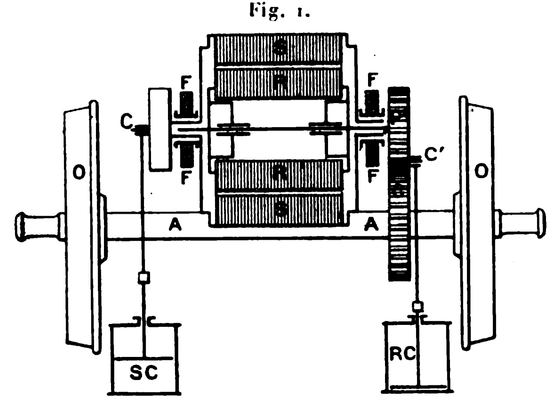


Schéma du système électropneumatique.

l'air dans les réservoirs, soit au contraire comme cylindres moteurs faisant tourner le rotor ou le stator; des excentriques calés sur ceux-ci assurent la fermeture des soupapes aux instants opportuns pendant la durée d'un tour; leur fonctionnement régulier peut être modifié ou interrompu par la manœuvre du controller; dans les trains formés de plusieurs voitures, les équipements peuvent facilement être commandés par un même controller.

Le moteur électrique fonctionne constamment à vitesse et puissance constantes, et par conséquent dans les meilleures conditions de rendement s'il a été convenablement calculé; mais, par vitesse du moteur, nous devons entendre la vitesse du rotor par rapport au stator; par conséquent, suivant que celui-ci tournera dans un sens ou dans l'autre, le rotor et, par suite, l'essieu du véhicule, posséderont une vitesse absolue variable. On conçoit donc qu'on puisse faire varier la vitesse du véhicule en agissant sur les soupapes des cylindres à air.

Le diagramme de la figure 2 indique les valeurs des vitesses angulaires du rotor et du stator pour diverses vitesses du véhicule. Ces dernières sont portées en abscisses et exprimées en centièmes de la vitesse OD, qui correspondrait à la marche du moteur électrique avec stator fixe; les vitesses angulaires sont portées en ordonnées, positivement lorsque leur sens est celui de la rotation du rotor pour la marche avant, négativement dans le cas contraire. Pour la vitesse linéaire OD, la vitesse angulaire du stator est nulle par hypo-

---

doit être fournie à la voiture et fonctionnant à vitesse et à charge constantes, le moteur à air servant à produire les variations de la vitesse, tantôt emmagasinant l'énergie sous forme d'air comprimé, tantôt utilisant cet air comprimé et ajoutant sa puissance à celle du moteur électrique (*Écl. élect.*, t. XXXIII, 18 octobre 1902, p. 100). M. Arnold désirait n'en donner la description complète qu'en même temps que les résultats des essais en cours d'exécution dans les environs de Saint-Louis.

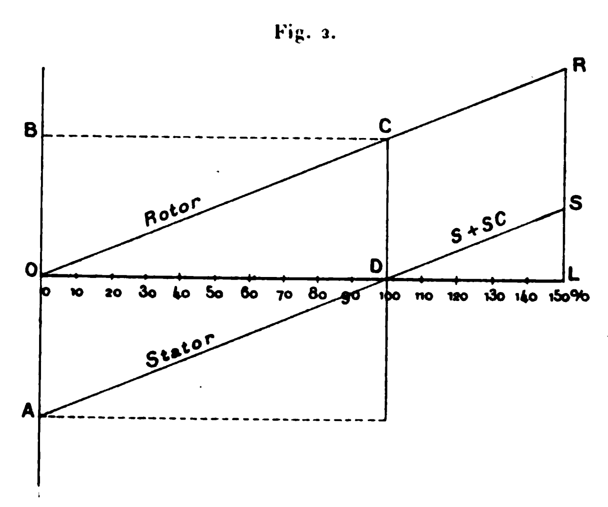
La ligne sur laquelle ces essais furent effectués s'étend de Lansing à Saint-Louis sur une longueur de 90^{km} environ. Sa construction, décidée en janvier 1900, fut commencée le 23 avril de la même année. Dès novembre 1901 une portion de la ligne, d'une longueur de 32^{km}, comprise entre Lansing et Saint-Johns, put être livrée à l'exploitation avec locomotives à vapeur; des raisons financières ne permirent pas l'achèvement de la ligne jusqu'à Saint-Louis.

La section Lansing-Saint-Johns reçut, dans le courant de l'année 1902, l'équipement électrique nécessaire pour l'alimentation des voitures par courant alternatif simple à 15000 volts; en mars 1903 les essais commencèrent sur un truck équipé d'un moteur électrique et de deux moteurs à air comprimé; l'énergie électrique était fournie par une compagnie privée propriétaire d'une chute d'eau; un groupe moteur-générateur, placé dans une sous-station établie à 800^{m} d'une des extrémités de la ligne, permettait d'obtenir des courants alternatifs sous une tension variant de 6000 à 10000 volts, la tension la plus convenable devant être déterminée par l'expérience. Ces premiers essais ayant montré la possibilité d'application du système, une voiture plus grande, munie de tous les appareils de mesure nécessaires, fut construite en vue des essais définitifs. Le 17 décembre dernier, cette voiture venait d'être terminée et M. Arnold se proposait de procéder à une démonstration publique; le lendemain un incendie éclata dans la remise où elle était garée et se propagea avec une telle rapidité qu'il détruisit complètement non seulement cette voiture, mais encore celle ayant servi aux premiers essais.

Dans l'impossibilité de recommencer de nouveaux essais avant plusieurs mois, M. Arnold prit la résolution de communiquer à la presse technique la description de son système.

thèse et celle du rotor est alors représentée par DC. Quand la vitesse du véhicule est nulle, celle du rotor doit être également nulle et, par conséquent, le stator doit tourner dans le sens négatif avec une vitesse angulaire OA, égale en valeur absolue à DC. Les vitesses angulaires du

Fig. 2.



Vitesses angulaires du rotor et du stator en fonction de la vitesse de la voiture.

rotor et du stator se trouvent donc être représentées respectivement par les deux droites parallèles OCR et ADS ; les portions DS et CR correspondent au cas où le stator est entraîné dans le sens positif de rotation par le moteur à air comprimé auquel il est relié ; la vitesse du véhicule est alors plus grande que la vitesse OD correspondant à une vitesse angulaire nulle du stator.

Pour nous rendre compte du fonctionnement du système, examinons successivement les diverses périodes d'un parcours.

Lorsque la voiture est arrêtée, la soupape de refoulement du cylindre du rotor RC est fermée; par suite, l'air est comprimé dans ce cylindre et la réaction qu'il exerce sur le piston empêche le rotor de tourner. C'est alors le stator qui tourne dans le sens négatif et, entraînant le piston du cylindre SC, comprime de l'air dans les réservoirs.

Pour le démarrage, les soupapes du cylindre du rotor sont disposées, par la manœuvre du controller, de telle sorte que l'air comprimé par le cylindre SC, ou emmagasiné dans les réservoirs, fasse mouvoir le piston correspondant; le rotor se trouve ainsi mis en mouvement et, à mesure que ce mouvement s'accélère, la vitesse angulaire du stator diminue. Pendant cette période, l'air comprimé par SC, au lieu d'être envoyé dans les réservoirs, est dirigé directement dans le cylindre RC; on augmente ainsi le rendement du système, l'énergie transformée en chaleur pendant la compression dans SC se retrouvant alors sous forme mécanique dans la détente de cet air chaud dans le cylindre RC, tandis qu'elle se dissiperait en grande partie dans le milieu ambiant si l'air comprimé était d'abord envoyé dans les réservoirs. Remarquons que, théoriquement, la quantité d'énergie dépensée par le moteur électrique pour comprimer l'air dans SC devrait se transformer intégralement en énergie mécanique dans le cylindre RC, de sorte que la puissance actionnant le véhicule devrait être, à tout instant, la puissance normale du moteur électrique ; pratiquement, il y a des pertes et de l'énergie doit être empruntée aux réservoirs d'air comprimé pour maintenir constante la puissance appliquée au véhicule ; pour augmenter temporairement cette puissance et augmenter aussi l'accélération dans les premiers moments de la mise en marche, il faudra prendre une nouvelle quantité d'énergie sur la réserve accumulée dans les récipients.

Quand le véhicule a atteint la vitesse OD, il suffit, pour conserver cette vitesse, de maintenir fermée la soupape de refoulement du cylindre SC et d'ouvrir les deux soupapes du cylindre RC; le stator s'arrête et le couple moteur du rotor est entièrement utilisé à la propulsion du véhicule, le mouvement du piston commandé par le rotor ne rencontrant d'autre résistance que celle due aux frottements de ce piston dans son corps de pompe.

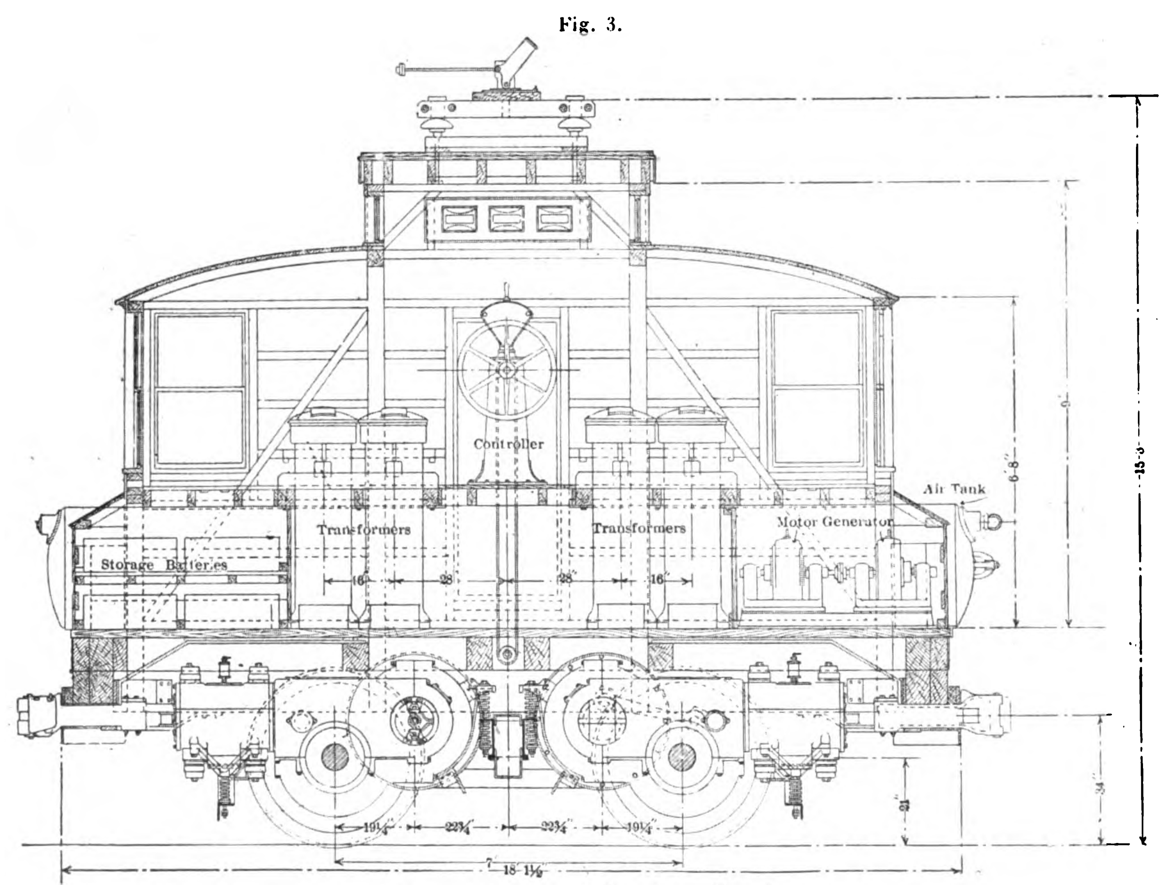
Pour augmenter la vitesse, on placera la manette du controller de manière que le cylindre SC fonctionne comme cylindre moteur : le stator se mettra à tourner dans le sens positif et, par suite, le rotor prendra une vitesse angulaire absolue de plus en plus grande. Lorsque la voiture aura pris la vitesse convenable, deux cas pourront se présenter : la puissance du moteur électrique est suffisante ou insuffisante pour maintenir cette vitesse; dans le premier cas, l'air comprimé nécessaire pour faire tourner le stator pourra être emprunté directement au cylindre RC fonctionnant comme compresseur; dans le second, l'air

comprimé devra être puisé, en tout ou partie, dans les réservoirs.

Si l'on veut diminuer la vitesse, il suffit d'agir sur les soupapes du cylindre RC de manière que ce cylindre comprime de l'air dans les réservoirs; la diminution de vitesse peut être très rapide sans qu'il soit besoin de faire usage des freins.

Pour la marche arrière sur une courte distance, il est inutile de renverser le sens de rotation du moteur électrique : il suffit de faire tourner le rotor dans le sens négatif au moyen de l'air comprimé; le stator tourne alors dans le sens négatif avec une vitesse angulaire négative plus grande que la vitesse de synchronisme. Si la marche arrière doit s'effectuer sur un long parcours, le courant d'alimentation est coupé, le stator mis en mouvement par l'air comprimé dans le sens négatif par rapport au nouveau sens de marche, et le

Fig. 3.



Coupe longitudinale de la voiture d'essais.

courant lancé dans le moteur quand le stator a pris la vitesse de synchronisme; le démarrage se fait ensuite comme il a été dit plus haut.

Par cet exposé du fonctionnement du système, on voit que, non seulement on peut faire varier la vitesse de la voiture sans à coups depuis zéro jusqu'à une valeur qui, pratiquement, est de 50 pour 100 supérieure à celle pour laquelle le moteur électrique a été établi, mais que l'énergie ordinairement perdue par le frottement des freins lors des arrêts est ici récupérée et que, d'autre part, les démarrages s'effectuent sans aucune perte d'énergie électrique dans des rhéostats. Si, à ces derniers avantages, on ajoute celui d'avoir un excellent rendement pour le moteur électrique fonctionnant toujours dans les mêmes conditions; il est possible que, comme le revendique l'inventeur, ce système soit très économique.

D'un autre côté la réserve d'air comprimé permet à une voiture équipée avec ce système d'accomplir un certain parcours sans avoir besoin d'être alimentée électriquement, et ce nouvel avantage ne serait pas à dédaigner pour la traction des tramways placés dans les mêmes conditions

que les tramways de pénétration parisiens, ou encore pour la traction des trains de chemins de fer sur des voies dont certains tronçons ne seraient pas équipés électriquement.

On ne peut donc que regretter sincèrement pour le progrès de la traction électrique l'incendie qui a détruit la voiture avec laquelle M. B.-J. Arnold comptait faire ses essais définitifs (¹).

J. Blondin.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (²).

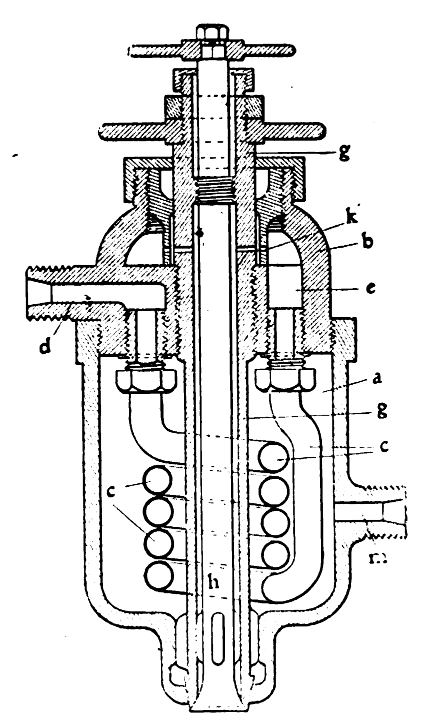
GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Brûleur à pétrole A.-E. Johnstone (*American Electrician*, t. XV, p. 593, décembre 1903).

Ce brûleur à pétrole de type nouveau, inventé par A.-E. Johnstone et décrit dans l'*Engineer* de Londres, se distingue surtout des appareils similaires, en ce que l'huile y est vaporisée avant de venir en contact direct avec le jet de vapeur qui l'entraîne dans le foyer de la chaudière.

La figure montre la coupe de l'appareil : d est l'entrée de la vapeur, m l'entrée d'huile, c le serpentin que traverse la vapeur avant d'arriver à la chambre e et de là, par la décharge k', à l'espace annulaire compris entre le manchon g et la tige h. En marche, l'huile s'écoule dans le vaporisateur et vient en contact avec le serpentin, qui la vaporise. La vapeur d'eau, après avoir traversé le serpentin, arrive au bec de sortie et entraîne avec elle la vapeur d'huile, qui contourne le siège du manchon g. Pour adapter ce brûleur à un foyer, on découpe dans la porte de celui-ci une ouverture d'un diamètre un peu plus grand que celui du brûleur et l'on y place l'appareil. Pour mettre en marche, on fait arriver l'huile dans la chambre qui entoure le serpentin c, puis on fait entrer la vapeur à pleine admission, en laissant ouvert le robinet de purge par où s'écoule l'eau de condensation. Quand l'huile est suffisamment échauffée, on ferme le robinet de purge et on laisse passer la vapeur d'eau et la vapeur d'huile à travers la valve.

On a essayé un de ces brûleurs en l'adaptant à une chaudière Babcock et Wilcox. On a employé



Brûleur à pétrole.

l'huile la moins chère qu'on ait pu trouver; ses caractères étaient les suivants : densité à 18° C., 0,925; point d'éclair, 85°; point d'inflammation, 94°; pou-

(¹) Une coupe de cette voiture d'essais est donnée en figure 3; elle a la forme d'une locomotive montée sur un truck à double équipement électropneumatique. On remarquera qu'elle porte une batterie d'accumulateurs, un groupe moteur-générateur et des transformateurs. Ces appareils devaient permettre de faire des essais avec cette voiture sur des voies ordinaires, non équipées électriquement.

Aucun détail n'est donné sur la construction des divers organes de la voiture.

(²) L'office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXᵉ), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

voir calorifique, 10400^cal. La quantité d'eau vaporisée en moyenne pendant 4 heures par kilogramme d'huile brûlée fut de 13^kg,3 et la quantité d'eau vaporisée en moyenne à partir de 100°, pendant le même espace de temps, fut de 15^kg,08 par kilogramme d'huile. P. L.

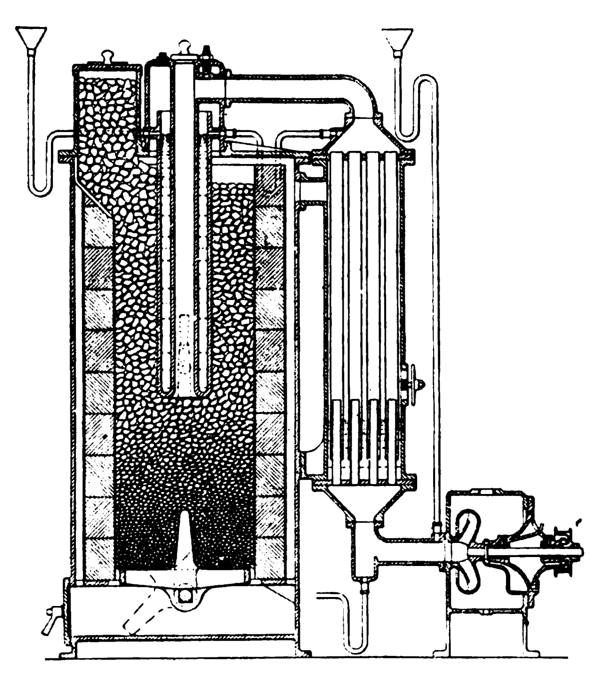
Gazogène Crossley et gazogène Dunlop pour charbons bitumineux (*American Electrician*, t. XVI, p. 35 et 36, janvier 1904).

Malgré les avantages économiques de l'utilisation des gaz pauvres pour la production de la force motrice, l'extension de ce mode de production se trouve limitée par les difficultés pratiques que présente l'emploi des charbons ordinaires pour l'alimentation des gazogènes. Bien des appareils ont été imaginés dans ces dernières années en vue d'employer ces charbons, beaucoup moins coûteux que le coke ou les charbons maigres ou anthraciteux auxquels on est généralement obligé d'avoir recours; le dernier numéro d'*American Electrician* donne, d'après *Mechanical Engineer*, de Londres, la description de deux types récents de ces appareils, construits, l'un par la maison Crossley Brothers, l'autre par la maison Dunlop.

Le *gazogène Crossley* réunit dans une même enveloppe deux appareils différents : un récipient en fonte dans lequel se fait la distillation du charbon bitumineux et un gazogène ordinaire alimenté par le coke provenant de cette distillation. Le récipient de distillation est disposé au-dessus de la cuve du gazogène et se trouve ainsi chauffé par la chaleur que rayonne celui-ci; son fond est muni d'un obturateur de forme conique qui, lorsqu'il est abaissé après que la distillation a été effectuée, permet au coke de tomber dans le gazogène; une vis d'Archimède tournant autour de l'axe du récipient brise les morceaux de coke et facilite la chute. Quant aux gaz produits dans cette distillation, ils sont amenés par un conduit vertical au-dessous de la grille du gazogène; les goudrons et carbures condensables qu'ils renferment sont alors décomposés et transformés en carbures gazeux. Sous cette grille est envoyé, comme dans les gazogènes ordinaires, l'air nécessaire à la combustion; une épaisse couche d'eau placée dans le cendrier fournit la vapeur d'eau.

Le *gazogène Dunlop* se charge et se conduit comme un gazogène ordinaire; la seule précaution à prendre est de bien régler la quantité d'eau à y introduire pour éviter la formation de mâchefers dans le charbon bitumineux. La figure ci-contre représente une coupe de cet appareil.

Comme on le voit, il se compose : d'une cuve en matériaux réfractaires, munie inférieurement d'une grille portant un tisonnier en forme de levier coudé, d'une enveloppe métallique entourant la cuve et faisant communiquer la partie supérieure de celle-ci



avec le cendrier, d'un tube de prise de gaz à double paroi constamment refroidi par un courant d'eau, enfin d'un échangeur de chaleur et d'un laveur à force centrifuge représentés à droite de la figure et ayant pour but de refroidir et purifier les gaz produits.

L'air nécessaire à la combustion est aspiré par une valve réglable placée sur la paroi droite de l'échangeur de chaleur; il s'échauffe au contact des tubes de cet échangeur, lesquels sont traversés par les gaz provenant du gazogène, en même temps qu'il se charge de vapeur d'eau fournie par l'eau qui remplit la partie inférieure de l'échangeur. Après avoir pénétré dans l'espace annulaire compris entre l'enveloppe métallique et la cuve en matériaux réfractaires du gazogène, il s'échauffe encore au contact des parois de cette cuve et arrive sous la grille du gazogène.

Les gaz produits dans la partie inférieure du gazogène et résultant de la combustion du charbon ainsi que de la décomposition de la vapeur d'eau ont une composition analogue à celle du gaz que l'on obtient dans les gazogènes à coke ou à charbons anthraciteux; ils sont aspirés par le tube de prise de gaz, lequel plonge assez profondément dans la cuve. Au contraire les gaz produits dans la partie supé-

rieure du gazogène et qui proviennent en majeure partie de la distillation de la houille contenue dans cette partie sont très riches en produits condensables; ils se rassemblent au haut du gazogène, sont entraînés par le courant d'air qui circule dans l'espace annulaire entourant la cuve et se trouvent par conséquent amenés en même temps que cet air au milieu de la couche de charbon incandescent située à la partie inférieure de la cuve; les produits condensables qu'ils renfermaient sont alors transformés en produits gazeux.

Le mélange gazeux aspiré par le tube de prise du gaz descend, avons-nous déjà dit, à l'intérieur des tubes verticaux de l'échangeur de chaleur. Dans ces mêmes tubes coule l'eau qui a servi à refroidir le tube de prise de gaz; cette eau se vaporise et cette vaporisation a pour effet de refroidir le mélange gazeux. L'eau en excès se rassemble dans le fond de l'échangeur; une partie est vaporisée et se mélange à l'air introduit dans l'échangeur; l'autre partie forme fermeture hydraulique des tubes de l'échangeur qui sont constitués, pour leur permettre de se dilater librement, de deux tubes s'emboîtant, puis elle tombe dans le récipient conique que l'on voit au-dessous de l'échangeur et est évacuée par le siphon placé à la partie inférieure. Quant au mélange gazeux, après avoir traversé l'échangeur, il est aspiré par la pompe centrifuge en même temps que de l'eau froide amenée par un tube aboutissant près de la pompe. Il en résulte un brassage énergique qui enlève au gaz les poussières et les produits condensables qu'il peut encore renfermer. L'eau de lavage tombe au fond du récipient contenant la pompe; les gaz purifiés sont conduits au moteur.

J. Reyval.

Résultats d'essais d'un turbo-alternateur Brown-Boveri-Parsons de 900-1100 kilowatts. Procès-verbal communiqué par la Compagnie électromécanique.

Ce turbo-alternateur, installé par la Compagnie électromécanique à l'usine de Puteaux de la Compagnie d'électricité de l'Ouest parisien, fournit des courants biphasés sous la tension de 2800 volts par phase et à la fréquence de 53,3 périodes par seconde pour la vitesse angulaire de 1600 tours-minutes. La pression de la vapeur est de 10^{kg} par centimètre carré, la surchauffe normale de 250° C, le vide des $\frac{90}{100}$ de la pression atmosphérique.

Dans les essais, la mesure de l'eau d'alimentation consommée était faite avec un compteur Schmidt; l'énergie électrique débitée par l'alternateur était enregistrée par des compteurs Thomson comparés, pendant le cours même des essais, à des wattmètres de précision Siemens et Halske; un thermomètre à cadran et un manomètre Schaeffer et Rudenberg donnaient la température et la pression de la vapeur à l'entrée de la turbine; un indicateur de vide des mêmes constructeurs était placé à l'aval de la turbine.

Le groupe qui était en service ininterrompu depuis plusieurs jours a été chargé par le débit du réseau dans les conditions de service normal et l'appoint nécessaire pour maintenir le régime constant était fait au moyen d'une résistance liquide.

Les garanties inscrites au contrat de fourniture étaient les suivantes : 8^{kg},8 par kilowatt-heure à la charge de 1100 kilowatts; 9^{kg} à la charge de 900 kilowatts; 10^{kg} à la charge de 675 kilowatts.

Les résultats des valeurs trouvées sont résumés dans le Tableau ci-après :

	DATE DE L'ESSAI.		
	5 Déc.	6 Déc.	Déc.
Durée de l'essai	6^h 33^m	6^h 30^m	6^h 2^m
Pression moy. de la vapeur. kg:cm².	10,3	10,3	10,3
Température moyenne de la vapeur.	252°	241°	257°
Vide moyen ... mm.	682	694	684
Eau vaporisée totale ... litres.	55500	44650	59420
Eau vaporisée par heure ... litres.	8470	6860	9860
Condenseur. Énergie tot. absorbée. kw-h.	118	102,8	107
Condenseur. Énergie moyenne absorbée par heure ... kw-h.	18	15,8	17,8
Alternateur. Énergie totale débitée. kw-h.	6450	4471	6872
Alternateur. Énergie moy. par heure et par phase, phase I	510	340	572
Alternateur. Énergie moy. par heure et par phase, phase II.	474	348	568
Alternateur. Énergie moyenne par heure des deux phases.. kw-h.	984	688	1140
Cos φ moyen par phase, phase I.	0,85	0,815	0,87
Cos φ moyen par phase, phase II.	0,795	0,855	0,87
Cos φ moyen des deux phases	0,822	0,835	0,87
Excitation moyenne. Ampères	93,5	86,5	95
Excitation moyenne. Volts aux bornes de l'excitatrice	117	114	114
Consommation de vapeur par kw-h.	8,6	10,0	8,6

L'échauffement maximum relevé au thermomètre sur les tôles de l'alternateur après 6 heures de marche à 1140 kilowatts, sans qu'il y ait eu d'interruption de fonctionnement avant cet essai, était de 66°, soit 42° au-dessus de la température ambiante.

Des essais sur la variation qu'éprouvent la vitesse et la tension avec la charge ont été exécutés en faisant débiter l'alternateur sur résistances liquides. Les valeurs de la tension de l'alternateur ainsi que de la tension de l'excitatrice ont été relevées aux appareils Hartmann et Braun du Tableau. La vitesse

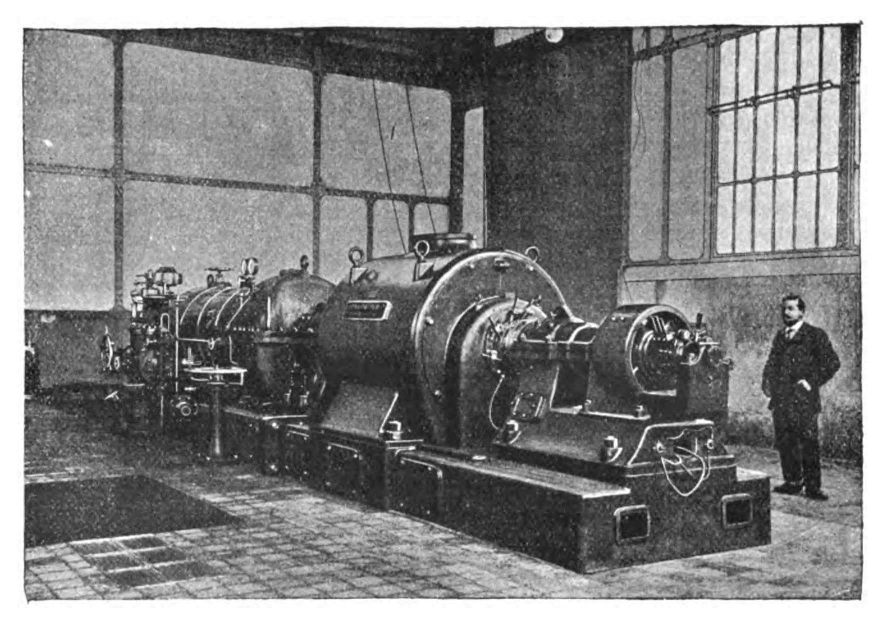
a été observée par un tachymètre de précision placé en bout d'arbre de la turbine.

L'alternateur ayant sa charge maxima sur une seule phase (470 kilowatts), on enleva et l'on remit cette charge sans toucher aux rhéostats d'excitation. Dans ces conditions, on releva les valeurs suivantes :

KILOWATTS.		EXCITATION.		ALTERNATEUR. Tension.		VARIATIONS de vitesse maxima.
Phase I.	Phase II.	Volts.	Amp.	Phase I.	Phase II.	
»	»	115,5	»	2860	2880	
470	»	114,5	»	2760	2790	0,8 pour 100
»	»	115	»	2880	2880	

L'alternateur étant chargé sur les deux phases, on fit des épreuves semblables aux précédentes et l'on releva comme valeurs maxima :

KILOWATTS.		EXCITATION.		ALTERNATEUR. Tension.		VARIATIONS de vitesse maxima.
Phase I.	Phase II.	Volts.	Amp.	Phase I.	Phase II.	
450	480	117,5	74	2630	2670	
930						1,3 pour 100
»	»	119,5	75	2940	2940	



Vue du turbo-alternateur Brown-Boveri-Parsons de l'usine de Puteaux.

Il convient de noter que, dans les essais précédents, il n'est pas tenu compte des variations de vitesse et d'excitation qui affectent sensiblement les écarts de tension.

Le réglage de la vitesse qui s'est effectué automatiquement, sans qu'on ait eu à toucher à la machine, n'a pas donné un écart supérieur à 20 tours, et le régime de vitesse, dans tous les cas, a été obtenu rapidement sans oscillation du régulateur.

Les interruptions de charge, parmi lesquelles il faut noter celle à 900 kilowatts, 2800 volts, ont été faites par un interrupteur tétrapolaire à huile, de construction Brown, Boveri et Cie.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Systèmes de pose et de protection des canalisations à l'intérieur des immeubles, par O.-L. FALCONAR. Communication faite à la section de Newcastle de l'Institution of Electrical Engineers (*Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXII, p. 835-845).

L'auteur se propose d'examiner les principaux systèmes actuellement en usage pour les canalisations intérieures et de déterminer, pour les divers cas où l'on peut se trouver, quel est le plus commode et le plus économique. Les conditions qu'on ren-

contre dans la pratique peuvent se classer comme suit :

A. *Situations exposées.* — Ceci s'applique à certaines parties des chantiers maritimes, des ateliers de construction de chaudières, des forges, des houillères, etc., où l'on doit protéger les conducteurs contre les chocs, l'humidité, les sels corrosifs, ou autres causes de dégâts.

B. *Situations ordinaires.* — Ce sont celles où les chocs mécaniques sont peu à craindre, mais où il faut protéger les conducteurs contre l'humidité, les sels corrosifs du plâtre, etc. On en a des exemples dans tous les bâtiments neufs.

C. *Situations abritées.* — Ce sont celles où l'on n'a pas à craindre d'autre action nuisible que celle de l'atmosphère et l'usure ordinaire. Ce sont les conditions qu'on rencontre dans certains bureaux, ateliers, manufactures, etc.

A. *Situations exposées.* — Le système de pose et de protection des canalisations employé dans ce cas doit satisfaire aux conditions suivantes : les conducteurs doivent être rigidement soutenus dans toute leur longueur et protégés par une substance pouvant résister à des causes de détérioration continuelles; il faut aussi qu'ils soient à l'abri de l'humidité. Enfin, on doit pouvoir ajouter des conducteurs ou en retirer sans grande difficulté. Il est évident que les moulures en bois, les roulettes isolantes ou les tubes en deux parties ne conviennent pas dans ce cas, et l'un des systèmes les plus appliqués consiste à tirer les conducteurs dans des tuyaux d'une seule pièce comme ceux du gaz, mais en fer. Cette méthode, quoique souvent employée avec succès, est sujette à bien des objectious. Les principales sont le défaut de flexibilité, la rugosité intérieure des tuyaux, les dommages que subissent souvent les câbles quand on les y introduit et leur détérioration rapide par l'humidité intérieure.

Les courbures du tuyautage donnent lieu à des difficultés pour les grands diamètres, quand les tuyaux coudés ou en T de type usuel ne peuvent être employés. Ces difficultés se présentent souvent dans l'établissement des connexions pour les moteurs puissants.

Les tuyaux en fer ordinaire, présentant toujours des aspérités intérieures, ne conviennent qu'aux câbles armés. Avec les câbles ordinaires, il faut raboter l'intérieur des tuyaux en y passant une tige de fer d'un diamètre presque égal. A l'entrée comme à la sortie des câbles dans les tuyaux, il faut adapter des cales en bois dur; bien des avaries ont été causées par la négligence de cette précaution si simple. Le vissage de ces tuyaux prend beaucoup de temps; en outre, l'huile que l'on est obligé d'employer pour cette opération compromet les isolements en caoutchouc. Les joints doivent être impénétrables à l'eau et surtout à l'huile, dans les endroits où il peut s'en répandre; on emploie quelquefois pour cela le minium, mais il faut avoir soin de n'en pas mettre trop près de l'extrémité du tube. Le filin goudronné convient pour rendre les joints impénétrables à l'eau, mais l'auteur ne sait s'il serait aussi efficace contre l'huile. Le fil de plomb satisferait peut-être à cette dernière condition. La détérioration des câbles par l'humidité intérieure due à la condensation est un défaut commun à tous les systèmes de conduites métalliques; pour l'éviter on peut disposer des trous de drainage ou encore revêtir intérieurement les tuyaux d'une substance isolante comme le papier, qui, dit-on, empêche la formation d'humidité par condensation, mais l'auteur préfère recouvrir les conducteurs d'une enveloppe à l'épreuve de l'eau, par exemple en plomb.

L'auteur propose de remplacer les conduites métalliques par des câbles armés : il croit préférable que la substance protectrice fasse partie du câble lui-même. Si l'enveloppe est assez résistante, on pourra fixer les câbles aux murs et aux plafonds comme on le fait pour les conduites de gaz. Ce système a été peu employé jusqu'à présent pour les canalisations intérieures; on l'applique cependant avec succès à bord des navires.

B. *Situations ordinaires.* — Dans cette seconde classe de conditions, les risques d'avaries par chocs mécaniques sont moindres que précédemment, mais l'humidité, les sels corrosifs du plâtre, etc., sont encore une cause fréquente de troubles. On a souvent besoin en effet de noyer les conducteurs dans le plâtre ou le béton, qui dégagent beaucoup de vapeur d'eau et de sels corrosifs. L'auteur condamne en ce cas l'emploi de tubes métalliques en deux parties, sans joints à l'épreuve de l'eau. Ce sont les tubes d'acier à soudure qui, de tous les systèmes employés aujourd'hui, donnent les meilleurs résultats. On ne doit y tirer les câbles qu'après avoir posé toute la tuyauterie. Il faut naturellement disposer des boîtes d'inspection, facilement accessibles, afin de pouvoir retirer les câbles à volonté.

Les tubes d'acier brasé ne sont pas recommandables, le brasage étant souvent mal fait.

Les moulures en bois, bien recouvertes de vernis shellac ou de toute autre composition imperméable à l'eau, peuvent être employées avec succès, *mais il faut éviter absolument les moulures non imperméables,* qui se satureraient d'humidité. Depuis que la tension de distribution a été portée à 240 volts dans le réseau de Newcastle, il s'y est déclaré de nombreux commencements d'incendies, occasionnés

par des dérivations de courant à travers des moulures en bois non protégées.

Les tuyaux non métalliques ont été jusqu'ici peu employés pour les canalisations intérieures. Cependant, pour les nouveaux édifices, des conduites en terre ménagées dans les murs pendant la construction formeraient un excellent système de protection. Mais il faudrait alors avoir décidé à l'avance l'emplacement exact des lampes, et il serait difficile d'en ajouter de nouvelles après l'achèvement de l'installation. Ces obstacles, assez graves dans le cas des maisons particulières, le sont moins peut-être pour les manufactures et les magasins.

Il y a quelques années, les tubes en fibre bituminée ont joui d'une grande vogue : on les disait à l'épreuve de l'humidité, du feu et de la dent des rats. S'il y a quelque exagération dans les deux premières assertions, il est vrai cependant que la fibre bituminée résiste mieux que le bois à l'humidité et surtout à la chaleur. Mais son grand défaut est la fragilité, qui empêche de courber les tubes. Une enveloppe conductrice est d'ailleurs préférable et souvent nécessaire pour les câbles, car, en cas de défaut, elle occasionne aussitôt une fuite à la terre importante, qui fait sauter les fusibles; c'est un des principaux avantages des tuyaux métalliques.

Les isolateurs sont un excellent système de support des câbles, qu'ils garantissent contre les pertes de courant dues à l'humidité. Dans bien des cas, surtout dans les circuits d'ateliers, les câbles peuvent être posés à une hauteur telle que les avaries par chocs mécaniques ne sont pas à craindre. Dans ce cas les isolateurs conviennent très bien et réduisent les frais de pose. Un de leurs avantages est de laisser les conducteurs visibles, ce qui fait découvrir facilement les défauts. Les isolateurs en deux pièces serrées par des vis sont très commodes pour les conducteurs de faible diamètre. Ce système, qu'on a réservé jusqu'ici, en Angleterre, aux ateliers et aux constructions simples, pourrait être appliqué à des édifices plus élégants et aux maisons particulières. C'est ce qu'on fait souvent sur le Continent, où beaucoup de circuits d'éclairage sont constitués par des fils souples jumelés et des isolateurs de porcelaine. En renforçant l'isolation des fils, qui est d'ordinaire trop légère, on aurait une très bonne installation.

C. *Situations abritées.* — Le montage sous moulures en bois est un des meilleurs systèmes pour les cas de ce genre, mais, comme on l'a vu ci-dessus, il ne doit être employé que dans les endroits secs.

Les tubes de faible diamètre en deux parties, avec joints à serrage, peuvent aussi être employés, mais ils doivent être solidement soutenus, le montage étant sujet à se desserrer : on emploiera comme supports des semelles plutôt que des crochets. L'auteur n'est pas très partisan de ce système.

Les câbles recouverts de plomb, fixés directement aux murs et plafonds par des semelles de bronze, sont préférables à tout autre système. Ils ont pour eux la simplicité et le bon marché de la pose, ils sont impénétrables à l'humidité et permettent la localisation facile des défauts.

La protection des conducteurs flexibles dans les situations abritées concerne plutôt les fabricants de câbles, puisqu'elle dépend surtout de la substance employée pour les recouvrir. Dans les endroits exposés, on doit éviter autant que possible ce genre de conducteurs; quand ils sont indispensables (lampes portatives, etc.), il faut des précautions spéciales. Si l'on doit se prémunir contre des agents de destruction énergiques, contre l'huile surtout, on emploiera les câbles d'atelier ordinaires, enfermés dans des tuyaux à gaz flexibles en bronze ou en acier. Si l'on n'a pas à redouter les projections d'huile, des câbles revêtus d'une enveloppe en fils d'acier galvanisé suffiront.

Prix des matériaux et frais de pose. — Les chiffres suivants représentent le prix moyen par lampe des canalisations et de la pose, dans les installations dont l'auteur a eu à s'occuper depuis 3 ans :

Système et classe.		Matériaux.	Main-d'œuvre.	Total.
		fr	fr	fr
Tuyaux en fer.........	A	16,25	15,60	31,85
Câbles armés..........	A	11,20	10,00	21,20
Isolateurs.............	B	8,00	6,45	14,45
Moulures en bois verni.	B	9,35	7,50	16,85
Moulures en bois ordinaire................	C	8,20	7,50	15,70
Tuyaux d'acier en deux parties..............	C	8,75	7,50	16,25
Fils recouverts de plomb.	C	7,15	5,60	12,75
Isolateurs (en 2 pièces).	C	6,85	4,65	11,50

De tout cet examen l'auteur tire les conclusions suivantes :

Pour la classe A, ce sont les câbles armés qui deviendront prochainement le type usuel de conducteurs employé. Pour la classe B, les systèmes les plus recommandables sont les moulures en bois verni quand les conducteurs sont appliqués à la surface des murs, et les tubes d'acier à soudure, raccordés par écrou, quand les conducteurs sont

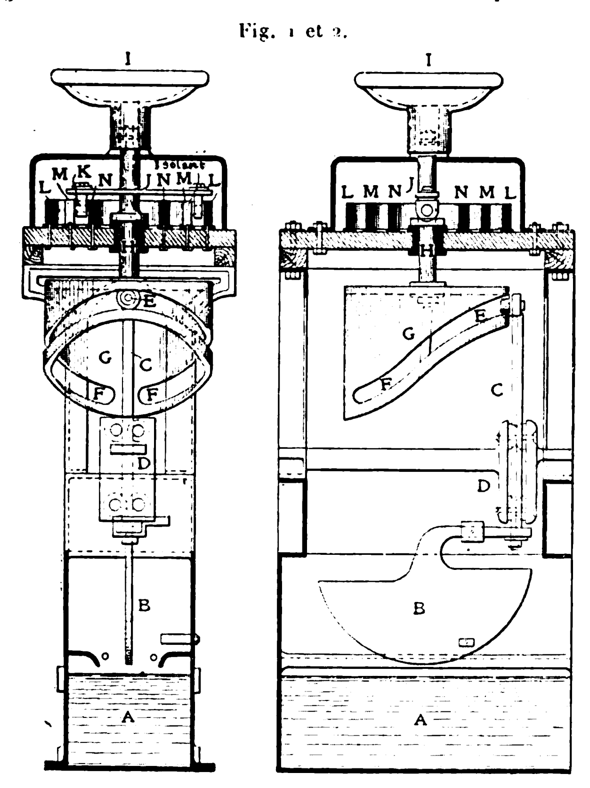
enfermés dans le plâtre. Pour la classe C, on doit employer, selon les circonstances, les isolateurs de porcelaine ou les câbles à enveloppe de plomb.

P. LABROUSTE.

Rhéostat à liquide (*American Electrician*, t. XV, p. 593, déc. 1903, d'après *Engineer*, de Londres).

Ce rhéostat à liquide, de modèle nouveau, sert à la fois de coupe-circuit, d'inverseur de marche et de résistance de réglage. Une cuve A, placée à la partie inférieure, contient le liquide, dans lequel plonge l'électrode B, qu'on peut élever ou abaisser au moyen de l'arbre C, guidé par le palier à rouleaux D. L'arbre se termine, à sa partie supérieure, par un galet E, qui glisse dans une rainure F de forme spéciale, taillée dans la surface cylindrique G. On peut faire tourner la pièce G autour de l'arbre vertical H, au moyen du volant à main I. Les figures 1 et 2 montrent l'électrode B dans sa position

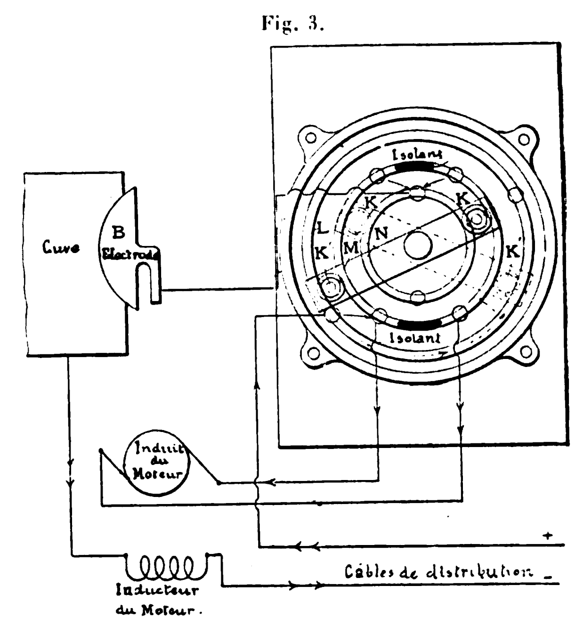
Fig. 1 et 2.



Rhéostat à liquide.

la plus élevée, entièrement hors du liquide, et l'on voit qu'elle s'abaissera en raison de la forme particulière de la rainure F, si l'on fait tourner le volant à main dans un sens ou dans l'autre, le sens de rotation du volant déterminant celui du moteur auquel le rhéostat est relié, comme on le verra plus loin. Des lames recourbées *o*, surplombant au-dessus du liquide dans la cuve, sont destinées à empêcher les rejaillissements de liquide quand on place l'appareil sur des machines en mouvement. Au-dessous du volant à main est une boîte dont la base est en ardoise; sur cette base sont fixées trois bagues de contact métalliques, L, M, N, concentriques à l'arbre H. Les bagues extérieure et intérieure, L et N, sont d'une seule pièce, mais la bague intermédiaire M est coupée en deux endroits (*fig.* 3), et les inter-

Fig. 3.



Montage du rhéostat à liquide.

valles compris entre les deux moitiés de la bague sont occupés par des segments isolants dont la surface est sur le même plan que celle des bagues. A l'arbre H est fixé un barreau J, en matière isolante, qui tourne avec le volant à main; il porte deux contacts K et K′, dont le premier tourne entre les bagues L et M. Les pièces K et K′ sont munies chacune d'un ressort, qui assure le contact électrique entre les bagues qu'il s'agit de relier.

La figure 3 fait comprendre le fonctionnement de l'appareil. Le câble d'alimentation positif est relié à la bague L, l'une des moitiés de la bague M est reliée à l'une des bornes du moteur et l'autre moitié à l'autre borne; la bague N est connectée à l'électrode plongeante B; la cuve (et par suite le liquide) est connectée à l'une des bornes du circuit inducteur du moteur, dont l'autre borne est reliée au câble négatif. Quand le levier de contact est dans la position qu'indiquent les lignes pleines, la bague L est reliée électriquement avec la moitié gauche de

la bague M, et la bague N avec la moitié droite, par l'intermédiaire des contacts K et K'. Le courant venant du câble positif traverse donc la bague L, le contact K, la moitié gauche de la bague M et arrive au balai de droite du moteur. Le balai de gauche du moteur est relié, comme on l'a déjà dit, à la moitié droite de la bague M; le courant y arrive donc et passe de là par le contact K et la bague N à l'électrode B, traverse le liquide, la cuve, l'enroulement inducteur du moteur et rejoint le câble négatif. Si l'on veut changer le sens de marche du moteur, on place le levier dans la position qu'indiquent les lignes pointillées : le courant change alors de sens dans l'induit, mais non dans l'inducteur. Cet appareil n'est destiné qu'aux moteurs excités en série, et c'est toujours sur le liquide que le circuit se ferme ou se coupe. Un contact disposé sur la paroi de la cuve permet de mettre le liquide en court-circuit, ce qui supprime les étincelles sur les contacts de l'appareil au moment du renversement de marche. P. L.

MOTEURS ÉLECTRIQUES.

Notes sur les appareils de démarrage des moteurs, par A.-H. BATE. Communication faite à la Section de Birmingham de l'Institution of Electrical Engineers (*Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXII, p. 1088-1095).

Le démarreur du moteur est un mal nécessaire. Il est assurément fâcheux d'avoir à dépenser une somme égale au dixième ou davantage du prix du moteur, pour un appareil destiné à le mettre en marche. Si le démarreur doit aussi servir à faire varier la vitesse, son prix peut s'élever jusqu'au quart ou même jusqu'à la moitié de celui du moteur. Ces appareils ont été jusqu'ici assez négligés en Angleterre : les constructeurs n'en ont pas unifié les types et les ingénieurs-conseils les passent presque sous silence dans leurs spécifications; les compagnies de distribution d'électricité émettent à leur sujet les exigences les plus diverses. Aussi ne faut-il pas s'étonner qu'on rencontre souvent dans les installations des démarreurs fort peu appropriés aux conditions où on les a placés. Le but de cette communication est de comparer quelques-uns des nombreux types aujourd'hui en usage.

Détermination de la capacité des rhéostats. — On emploie trois types de rhéostats : 1° le type *à rayonnement*, où les résistances sont exposées à l'air, de sorte que la chaleur se dissipe par rayonnement et convection; 2° le type *à absorption*, où les fils sont plongés dans du sable ou du ciment et où la chaleur, promptement absorbée par ces matières, se dissipe lentement; 3° les rhéostats *à liquide*, où la chaleur est absorbée par l'électrolyte.

Comme pour les moteurs, l'évaluation de la capacité des rhéostats doit être basée sur leurs conditions de fonctionnement. A ce point de vue, ils se divisent en trois classes :

Classe I : Fonctionnement à longs intervalles. — Les périodes de repos sont assez longues pour permettre aux résistances de se refroidir jusqu'à la température ambiante. C'est ce qui a lieu dans la majorité des cas. Selon l'auteur, les résistances doivent pouvoir supporter le courant de pleine charge sans inconvénient pendant une demi-minute au moins, et une surcharge de courant de 20 pour 100 (ou de 50 pour 100 en watts) pendant 10 secondes par exemple.

Classe II : Fonctionnement à courts intervalles. — Ici les périodes de repos ne suffisent pas pour le refroidissement complet des résistances, ou encore le moteur, pour une raison quelconque, met longtemps à atteindre sa vitesse de régime. Le temps, pendant lequel les résistances peuvent supporter le courant normal sans trop chauffer, doit être indiqué sur la plaque.

Classe III : Fonctionnement continu. — C'est le cas des régulateurs de vitesse.

Rhéostats métalliques. — Pour la première classe, le type de rhéostat à absorption est à la fois le moins cher et le meilleur. Il a l'inconvénient d'être plus difficile à réparer que les autres modèles, surtout quand les conducteurs sont recouverts de ciment et non de sable, mais ce léger désavantage est plus que compensé par la sécurité que donne la caisse de fonte contre les chocs mécaniques et l'humidité. Quand la capacité est correctement indiquée, ce type de rhéostat supporte les courtes surcharges aussi bien que le type à rayonnement. Comme il y a grand intérêt à ne pas attribuer une valeur trop forte à la capacité, l'auteur conseille de soumettre les appareils de ce genre à l'essai suivant :

On fait passer un courant excédant de 20 pour 100 l'intensité du courant de pleine charge, pendant une période dont la durée dépend de la puissance du moteur. On répète l'opération à des intervalles de 20 minutes avec le courant de pleine charge; la surface des fils ne doit pas brûler. La durée de passage du courant sera de 15 secondes pour les moteurs dont la puissance est égale ou inférieure à un cheval, de 30 secondes jusqu'à la puissance de deux chevaux et de 1 minute pour les gros moteurs.

Rhéostats a liquide. — Pour les grandes puissances et les stations exposées aux causes d'avaries, le démarreur à résistance liquide a beaucoup d'avan-



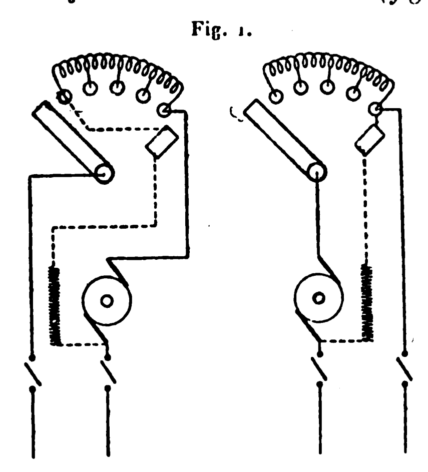
tages et, s'il a été soigneusement établi, il donne plus de sécurité qu'un rhéostat métallique. Il est vrai que, lorsque le liquide est contenu dans un récipient ouvert, l'évaporation oblige à en rajouter de temps en temps, mais ce soin est plus que compensé par l'avantage d'une résistance qui ne peut brûler quelle que soit la surcharge. Les objections qu'on fait à ce type de démarreur sont : 1° les défauts d'isolement causés par les projections de liquide sur les isolateurs de porcelaine. Cela n'arrivera pas si le bac est couvert et les isolateurs facilement accessibles pour le nettoyage; 2° l'intensité trop grande du courant au moment de la mise en marche. Ceci n'a lieu qu'avec les petits moteurs branchés sur certains réseaux d'éclairage ou avec les petits moteurs à haute tension, auxquels le démarreur à liquide n'est nullement approprié. Pour des puissances de 5 chevaux et à une tension de plus de 230 volts, ou pour 10 chevaux à 500 volts, on peut facilement régler la résistance de façon que l'intensité du courant de démarrage ne dépasse pas celle du courant de pleine charge, ce qui est une condition tout à fait satisfaisante, sinon pour la station centrale, du moins pour un moteur bien construit; 3° la production de gaz détonants a pu alarmer quelques experts de compagnies d'assurances contre l'incendie. Mais il ne se dégage à chaque mise en marche qu'un bien faible volume de gaz, et il est difficile de croire qu'il ait jamais pu causer une explosion, pourvu que l'appareil fût muni d'un plot de court-circuit pour la position de fin de course.

Comme les rhéostats métalliques, le rhéostat à liquide doit être pourvu de deux disjoncteurs automatiques, agissant, l'un en cas de surcharge, l'autre en cas de baisse de tension. Si l'on supprime ce dernier, il faut verrouiller l'interrupteur bipolaire principal avec la manette du rhéostat, de sorte qu'on ne puisse pas lancer le courant quand la résistance de réglage est hors circuit.

La Sandycroft Foundry Company a établi un modèle de démarreur à résistance liquide présentant quelques caractères nouveaux. Le liquide (solution de bicarbonate de soude) est renfermé dans une caisse cylindrique en fonte hermétiquement close, et, au lieu d'employer des plaques mobiles, c'est la caisse elle-même qu'on fait tourner sur un support isolant. Les constructeurs déclarent qu'au moment de la mise en marche le courant n'est que de 5 à 10 ampères pour un démarreur de 10 chevaux et que la surface des électrodes est assez grande pour permettre à l'intensité de prendre sa valeur normale avant que le liquide ne soit mis en court-circuit. Le récipient étant complètement fermé, l'évaporation est lente et le renouvellement du liquide ne se fait qu'à très longs intervalles.

Montage. — La plupart des constructeurs disposent les connexions de telle sorte que l'induit du moteur doit être relié au dernier plot du rhéostat. On amène le courant d'alimentation à la manette du rhéostat, tandis que les inducteurs en dérivation sont reliés au premier plot, en passant par le solénoïde du disjoncteur à tension minima (*fig.* 1). Le

Fig. 1.



courant passe ainsi à la fois dans les inducteurs et dans l'induit, le champ est excité et le couple appliqué graduellement. A mesure qu'on déplace la manette, la résistance du circuit de l'induit diminue et celle du circuit de l'inducteur augmente. Les inducteurs sont constamment en dérivation sur les balais par l'intermédiaire du disjoncteur à tension minima et des résistances du rhéostat, de sorte que l'énergie due à la self-induction se dissipe graduellement à mesure que le moteur ralentit. Un autre système (*fig.* 1) consiste à relier l'induit du moteur à la manette et le câble d'alimentation ainsi que les inducteurs au dernier plot du rhéostat. Le champ s'excite ainsi quand on ferme l'interrupteur principal, de sorte que le démarrage et l'arrêt du moteur se font sans couper le circuit inducteur. Quand la manette est sur le premier plot, le couple normal est donc instantanément appliqué à l'induit, ce qui soumet les parties mobiles à des efforts exagérés. Le système a un autre inconvénient plus grave : quand le moteur est au repos et le rhéostat hors circuit, les inducteurs ne sont plus en dérivation sur les balais et, si l'on ouvre l'interrupteur principal, la self du circuit inducteur pourra amener la rupture de l'isolation.

Construction. — Quand les rhéostats doivent être fréquemment manœuvrés (cas des presses d'imprimerie ou des machines-outils), il faut que la construction en soit très robuste et qu'on puisse remplacer, sans retourner l'appareil, les contacts et toutes les parties sujettes à usure. Quand la manœuvre ne se fait qu'à longs intervalles (cas d'un

arbre moteur), la construction peut être plus légère. Les appareils exposés à l'humidité doivent être pourvus d'une enveloppe imperméable protégeant non seulement les résistances, mais aussi les contacts et les disjoncteurs.

Exemples de démarreurs. — Le démarreur Cowans présente des caractères intéressants. Les résistances sont constituées par des rubans enroulés dans des boîtes en fonte, chaque boîte contenant une résistance. La pièce mobile qui se déplace sur les plots est commandée par une vis, de sorte qu'on ne peut lui imprimer un mouvement trop rapide. L'appareil est robuste et imperméable à l'humidité.

Le combinateur pour appareils de levage de l'Electric Controller Supply Company, de Cleveland (États-Unis), donne un autre exemple d'un rhéostat divisé en plusieurs sections faciles à renouveler. Les résistances sont enroulées sur des tubes d'amiante, de sorte que l'appareil ne convient qu'aux lieux secs, l'amiante absorbant facilement l'humidité de l'atmosphère.

Dans un démarreur construit par l'International Electrical Engineering Company, on a supprimé l'électro-aimant ordinaire qui immobilise le levier à fond de course. La bobine du disjoncteur à tension minima, au lieu d'être placée à l'extrémité libre du levier, est enroulée sur un noyau de fer qui forme le coussinet de l'axe de ce levier. Quand le rhéostat de démarrage sert aussi au réglage de la vitesse, le disjoncteur à tension minima, grâce à ce procédé, neutralise l'action du ressort sur le levier, non seulement dans la position de fin de course, mais aussi dans toutes les positions intermédiaires. M. Ellison, de Paris, construit aussi un rhéostat mixte pour le démarrage et le réglage de la vitesse : il y a deux leviers, dont l'un règle l'intensité, tandis que l'autre est maintenu contre l'action du ressort par un disjoncteur à tension minima du modèle ordinaire. Quand on coupe le courant, ce dernier levier revient en arrière et entraîne l'autre avec lui.

MM. Veritys construisent deux modèles de démarreurs : l'un pour les démarrages à faible charge ou pour les démarrages à pleine charge, mais peu fréquents, dans lequel les résistances sont noyées dans du sable, l'autre pour les démarrages souvent répétés; ce dernier est du type à radiation, les résistances sont enroulées sur des tubes de porcelaine et exposées à l'air. Quand il n'y a pas de disjoncteur à maximum, le circuit inducteur est relié non seulement au premier plot du rhéostat, mais aussi à la masse du disjoncteur à tension minima, de sorte que, quand le levier est à fond de course, les résistances de démarrage, au lieu de rester dans le circuit inducteur, sont mises en court-circuit. Dans les grands modèles, où le courant d'excitation serait trop intense pour passer dans la masse de la bobine, un plot spécial remplit le même office.

Dans les démarreurs munis d'un disjoncteur à maximum, il y a dans le circuit de l'induit un interrupteur unipolaire qui se ferme quand on amène le levier sur le premier contact, c'est-à-dire quand toute la résistance est en circuit, et qui est alors maintenu fermé contre l'action d'un ressort par le disjoncteur à tension minima. Le disjoncteur à maximum agit à la façon connue, en mettant en court-circuit l'enroulement du précédent. Si l'on déplace le levier trop rapidement, ce disjoncteur à maximum ouvre l'interrupteur qu'on vient de mentionner : l'arc s'amorce entre des contacts en charbon. Un trait particulier de cet appareil, c'est que le ressort sollicite le levier vers la position de fin de course, tandis qu'ordinairement il tend à le ramener vers le plot neutre.

Démarreurs automatiques. — Les moteurs qui actionnent des pompes pour la charge des accumulateurs hydrauliques ou pour le remplissage des réservoirs exigent un appareil spécial, mettant le moteur en marche ou l'arrêtant automatiquement, selon les variations du niveau de l'eau. Un système très répandu consiste à disposer un flotteur dont le mouvement commande un interrupteur placé dans le circuit d'un solénoïde. Le noyau, en s'enfonçant dans ce solénoïde, déplace le levier de démarrage sur les plots. Pour ralentir le mouvement de ce levier, on a recours à des dashpots. On voit les inconvénients de ce système : s'il se produit un grippement dans le dashpot ou si les étincelles ont dépoli les contacts des plots, le solénoïde, dont la puissance reste fixe, ne fonctionne plus. M. George Ellison a construit pour cet usage particulier un rhéostat de démarrage dans lequel la force motrice nécessaire à la commande du levier est fournie par un petit piston se déplaçant dans un cylindre relié à la conduite d'eau. Quand le moteur doit se mettre en marche, le mouvement du flotteur ouvre un petit robinet à deux tubulures qui laisse entrer l'eau dans le cylindre. Le piston, en s'élevant lentement, ferme d'abord un interrupteur principal bipolaire, puis il met, section par section, la résistance hors circuit. Quand le réservoir est plein, le flotteur agit de nouveau sur le robinet à deux tubulures, qui met alors le cylindre en communication avec le tuyau d'écoulement. Le piston retombe alors rapidement sous l'action d'un poids, insérant d'abord les résistances dans le circuit, puis ouvrant l'interrupteur principal. Pour empêcher les contacts d'être dépolis par l'arc, on a recours au soufflage magnétique. P. L.

BREVETS D'INVENTION (¹).

BF. Brevet français. — BP. Patente anglaise. — DRP. Patente allemande. — USAP. Patente des États-Unis.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Ryder (M.-P.). — Générateur de courants intermittents. USAP. 748534, 11 mars 1903.

The Marvin Sandycroft Electrick Drill Syndicate Ltd. — Production de courant électrique. DRP. 147281, 24 septembre 1902.

Gesellschaft zur Einfuhrung von Erfindungen. — Dispositif d'entrainement de dynamos par turbines à vapeur. BP. 19896, 1903.

Siemens et Halske A.-G. — Dispositif d'entrainement des dynamos par turbines à vapeur. BP. 21304, 1903.

Société des établissements Postel-Vinay. — Perfectionnements aux groupes turbine-dynamos. BF. 335322, 20 juillet 1903.

Davidson. — Dispositif de renversement de mouvement pour moteurs électriques, machines à vapeur, turbines hydrauliques. BP. 518, 1903.

Leitner et Lucas. — Procédé pour faire varier la vitesse des dynamos. BP. 28487, 1902.

Bunnig. — Balai de dynamo. BF. 335436, 21 septembre 1903.

Gould. — Commutation sans étincelle. DRP. 147192, 27 novembre 1902.

Krampton et Cie Ltd. — Compoundage de machines à courants alternatifs. DRP. 147112, 28 mars 1903.

Berry et British Electric Transformer Mfg Co. — Transformateurs. BP. 24772, 1902.

Varley (R.). — Vibrateur pour bobines d'induction. USAP. 748442, 6 novembre 1903.

Peebles et Pickstone. — Survolteurs réversibles. BP. 27574, 1902.

Chaplin. — Redresseurs électrolytiques. BP. 3420, 1903.

Heym. — Pile de poche. DRP. 147459, 19 février 1903.

Pearson et Fielder. — Pile galvanique. BP. 27373 et 27375, 1902.

Suse. — Élément galvanique. DRP. 147358, 31 décembre 1902.

Hennon. — Accumulateur électrique. BF. 335345, 5 septembre 1903.

Rosset. — Accumulateurs au plomb. BF. 328151, 24 novembre 1902.

Edison. — Électrodes pour accumulateurs. DRP. 147468, 6 février 1901.

Muller. — Électrodes d'accumulateurs. BP. 273, 1903.

Roderbourg. — Électrodes positives pour accumulateurs. BP. 1088, 1903.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Archambault. — Transmission par courant triphasé. BF. 335360, 11 septembre 1903.

Huellmeyer. — Transmission de courant. DRP. 146819, 20 mars 1902.

General Electric Company. — Machine à couper la micanite. BP. 27758, 1902.

Harding. — Machine à enrouler les fils. BP. 28193, 1902.

Gest. — Regards pour canalisations. BP. 19524, 1903.

Robinson. — Couvercles pour boites de jonction. BP. 22639, 1903.

Bowley. — Tuyau protecteur pour conduites électriques. DRP. 146882, 26 avril 1903.

Cantono. — Prise de courant. DRP. 146910, 28 décembre 1902.

Hartmann et Brown. — Galet isolateur. DRP. 146911, 17 janvier 1902.

Richardson. — Liaison électrique. DRP. 147139, 30 juin 1901.

Eckstein et Krause. — Commutateurs. BP. 27858, 1902.

Fabrik fur elektrische Heizung. — Commutateur. DRP. 146881, 29 octobre 1902.

Hunter and Warren. — Commutateur. BP. 20061, 1903.

Leitner et Lucas. — Commutateur. BP. 28486, 1902.

Mix et Genest. — Commutateur. DRP. 146809, 6 novembre 1902.

Quaney et Kirwan. — Commutateur. BP. 25085, 1902.

Schneider. — Commutateur automatique. DRP. 147140, 5 septembre 1902.

Terry. — Commutateur pour commander un circuit électrique de plusieurs points. BP. 2874, 1903.

Waterman. — Commutateur. USAP. 748123, 27 février 1902.

Baby. — Coupe-circuit électriques. BF. 335299, 15 septembre 1903.

Burke. — Coupe-circuit fusible. DRP. 147198, 20 février 1903.

General Electric Company. — Coupe-circuit. BP. 24709 et 27761, 1902.

General Electric Company. — Verrous électromagnétiques pour coupe-circuit automatiques. BP. 27771, 1902.

Leitner et Lucas. — Coupe-circuit de régulateurs. BP. 25216, 1902.

(¹) Tous les brevets mentionnés ici ont été récemment déposés (en France) ou acceptés (à l'étranger). La date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

Les listes de brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier).

Thomas. — Coupe-circuit automatiques. BP. 28304, 1902.

Esson. — Fusibles. BP. 24148 et 24149, 1902.

Arnoult et Guerre. — Interrupteur. DRP. 147090, 13 juillet 1902.

Baker. — Régulateur pour circuits électriques. USAP. 748144 et 748145, 26 juin 1902; 748146 et 748147, 28 juin 1902; 748149, 8 décembre 1902.

General Electric Company. — Régulateur électrique. BP. 27762, 1902.

Lamme. — Régulateur de force électromotrice. BP. 19886, 1903 (date de validité : 2 octobre 1902).

Consolidated Railway Electric Lighting et Equipment Company. — Régulateur pour courants électriques. BF. 335493, 21 août 1903.

General Electric Company. — Indicateur de phase. BP. 27765, 1902.

General Electric Company. — BP. 27769, Rhéostat.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Hachmann (F.). — Mécanisme moteur magnétique. USAP. 748182, 8 mai 1903.

Hasslacher. — Démarrage et réglage de la vitesse des moteurs à champ tournant. DRP. 147111, 15 novembre 1902.

Westinghouse et Aspinwall. — Système de contrôle pour moteurs électriques. BF. 335252, 18 juin 1903.

Bremner. — Ascenseurs. BP. 19647, 1902.

Durning (Ch.-H.). — Contrôleur automatique pour pompes électriques. USAP. 743354, 26 janvier 1903.

Eastwood (A.-C.). — Système de commande pour convoyeurs de hauts fourneaux. USAP. 748488, 16 octobre 1903.

Kitt (F.-T.). — Commandes électriques d'aiguilles de chemins de fer. USAP. 748557, 4 mars 1903.

Dammond (W.-H.). — Signaux. USAP. 747949, 5 novembre 1902.

Elektricitaets A. G. v. Kolben et Cie et Prochaska. — Blok system électrique. DRP. 147119, 10 mai 1902.

Elektricitaets A. G. v. Kolben et Cie et Prochaska. — Embrayage électromagnétique pour signaux. DRP. 147507, 10 mai 1902.

Green (F.-P.). — Système de signaux de chemin de fer et de commande à distance des freins. USAP. 747967, 11 février 1903.

Herzog (F.-B.) et Wheeler (S.-S.). — Signaux. USAP. 748501 et 748502, 25 janvier 1886.

Mac Lean (J.). — Signaux pour ascenseurs. USAP. 748408, 16 novembre 1901; 748409, 8 décembre 1902.

Stone. — Signaux sélectionnés. BP. 27272, 1902.

Wolf (E.-E.) et Williams (J.-B.). — Signaux de chemins de fer. USAP. 748450 et 748451, 20 juin 1902.

Wall (G.-A.). — Avertisseur d'incendie. USAP. 748240 et 748323, 28 octobre 1902.

TRACTION.

Boult et Boult. — Système de traction à contacts superficiels. BP. 27476, 1902.

Cruvellier. — Transmission électrique souterraine pour chemins de fer électriques. DRP. 147087, 25 février 1902.

Heymann. — Perfectionnements aux chemins de fer électriques. DRP. 147397, 27 mai 1903.

Scott. — Distribution à courant alternatif pour tramways. BP. 19521. (Date de validité : 13 sept. 1902.)

Ferranti (de). — Détermination des défauts sur les conducteurs de traction, BP. 24643, 1902.

General Electric Company. — Perche de trôlet. BP. 26051, 1902.

Hommel. — Perche de trôlet. BP. 28510, 1902.

Kennington et Fawcett. — Trôlet. BP. 28643, 1902.

Rowlands. — Collecteur de trôlet. BP. 24192, 1902.

Rowley (W.-J.). — Trôlet. USAP. 748422, 7 mai 1903.

Tisch (R.-P.) et Kissinger (R.). — Trôlet. USAP. 748322, 23 mai 1903.

Varley (T.-F.). — Trôlet. USAP. 748441, 14 août 1903.

Diatta (A.). — Boîte de contact à souffleurs magnétiques pour tramways. USAP. 748268, 8 avril 1902.

Dolter (H.). — Barre de prise de courant sur circuits sectionnés. USAP. 748053, 19 février 1902.

General Electric Co. — Système de contrôle de trains. BP. 26039, 1902.

Siemens, Bros et Co, Lydall et Duke. — Contrôle de moteurs de voiture de chemin de fer. BP. 27619, 1902.

Newell. — Frein électrique pour chemin de fer électrique. DRP. 147327, 5 décembre 1902.

Siemens et Halske A.-G. — Commande électrique des soupapes des freins à air. BP. 778, 1903.

Munro, Brecknell et Rogers. — Protecteur pour tramways. BP. 22024, 1902.

Schoen et Schurnier. — Commutateur de sûreté pour chemins de fer électriques. DRP. 147134, 13 nov. 1902.

Foster. — Eclisses électriques pour tramways électriques aériens. BP. 26906, 1902.

Helios Electric A.-G. — Liaison électrique entre rails. DRP. 147092, 27 février 1902.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Despradels. — Télégraphe. DRP. 147399, 31 janvier 1902.

Meray et Rozar. — Télégraphe. DRP. 147400, 6 mars 1903.

Westphal. — Télégraphe. DRP. 147401, 7 avril 1903.

Jacobs et Nicholson. — Appareils de télégraphie électrique ou autres. BF. 335325, 30 juillet 1903.

Gray. — Attaches pour lignes télégraphiques. BP. 20102, 1903.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Leçons sur les moteurs d'automobiles et les applications industrielles de l'alcool au chauffage, à l'éclairage et à la force motrice, par M. L. MARCHIS, professeur adjoint de Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux. Cours professé pendant l'année 1902-1903. Un volume lithographié, dimensions: $20^{cm} \times 25^{cm}$, de 539 pages et deux annexes de 16 pages, avec un très grand nombre de figures dans le texte. — Vve Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe. — Prix broché, 16 fr.

L'Université de Bordeaux a élargi le cercle de son enseignement en instituant un Cours d'automobile, qui présente « non seulement un intérêt d'actualité, mais encore un intérêt presque local ». C'est qu'en effet le nom de Bordeaux se trouve mêlé à un grand nombre de courses d'automobiles, et ainsi s'explique l'enthousiasme de la population bordelaise pour cette nouvelle industrie. Le professeur qui a été chargé d'inaugurer ce cours est M. L. Marchis, déjà connu pour ses travaux, soit en physique, soit sur les moteurs à gaz et à pétrole et sur les moteurs à vapeur, soit en électricité. Ses leçons sur les méthodes de mesures industrielles des courants continus, en particulier, sont très appréciées des électriciens.

Comment M. Marchis a-t-il conçu l'enseignement d'un sujet aussi élastique? L'étude du moteur à explosion, en soi, se bornerait à l'établissement des conditions générales de fonctionnement; mais ce moteur comporte une foule d'accessoires : emploi du pétrole et de l'alcool dans des conditions déterminées, allumages par des procédés électriques et non électriques, qui demandent tout naturellement un développement du problème de l'incandescence par les flammes, et des multiples appareils spéciaux mis en œuvre pour produire une étincelle électrique (interrupteurs, vibreurs, trembleurs, bobines, magnétos, etc.). Une fois la question de l'incandescence traitée dans toute sa généralité, il y avait peu de choses à ajouter pour y comprendre les applications industrielles de l'alcool au chauffage et à l'éclairage, ce qui explique le sous-titre de l'Ouvrage.

Celui-ci est donc un exposé aussi complet que possible de toutes les branches qui touchent au moteur d'automobiles; tous les phénomènes, toutes les réactions susceptibles de se manifester reçoivent une interprétation physique ou chimique, et, comme le professeur semble s'adresser à un auditoire dont les connaissances générales sont assez limitées, il n'hésite pas à revenir sur les notions fondamentales nécessaires à la compréhension du sujet. Ainsi, p. 101, à propos de l'étude de l'incandescence par les flammes, l'auteur rappelle la loi de Kirchhoff qui régit ces phénomènes, définit la longueur d'onde, parle de la composition du spectre (radiations infra-rouges, ultra-violettes; fluorescence, etc.), puis aborde le problème général de l'incandescence. Après cet exposé théorique, il indique les solutions que ce problème a reçues dans la pratique. De même, le manographe Hospitalier-Carpentier, dont le fonctionnement serait assez difficile à saisir pour ceux qui ignorent la composition des mouvements vibratoires, donne l'occasion à M. Marchis de faire une petite digression sur les belles expériences de Lissajous.

Les mécanismes proprement dits sont décrits avec le même luxe de détails, et nous n'y insisterons pas, nous contentant de donner un dernier aperçu bien typique qui caractérise la manière dont l'auteur a conçu son Cours; il s'agit de l'entraînement, par moteur à explosion, d'une pompe rotative. Or, parmi ses auditeurs, peu connaissent encore la marche de ces pompes, et, cependant, un moteur bien compris doit être approprié au travail qu'on peut lui demander. C'est pourquoi l'auteur décrit en quelques lignes une pompe rotative et les conditions de son fonctionnement.

Les jeunes gens, que leurs goûts porteraient vers cette branche si prospère de notre industrie, ont donc entre les mains un guide théorique complet (les détails ressortissant à la construction mécanique y abondent également) dont le style simple et clair, l'exposition ordonnée leur aplaniront considérablement les difficultés du début. Les figures nombreuses y sont d'une netteté parfaite et ornées de légendes qui les rendent pour ainsi dire parlantes. Aux amateurs sérieux ce livre ouvrira des horizons nouveaux qu'ils chercheraient en vain dans les manuels publiés sous la rubrique de Recettes du chauffeur. T. P.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1904. Un vol. in-16, de près de 850 pages avec figures. — Gauthier-Villars, éditeur. — Prix, broché, 1fr,50 (franco, 1fr,85).

Ce petit Volume compact contient, comme toujours, une foule de renseignements sur la Physique et la Chimie, indispensables à l'Ingénieur. Signalons, parmi ceux qui intéressent plus spécialement les électriciens : un Tableau des pouvoirs diélectriques; une Notice de Cornu sur les unités électriques; les valeurs de la force électromotrice des étalons et des piles usuelles; les résistances électriques des métaux et alliages; les compositions des principaux alliages usuels, des alliages fusibles pour machines à vapeur, des alliages antifriction et des soudures; les compositions des combustibles (houilles et pétroles); de nombreuses données numériques, dues à M. Berthelot, relatives à la Thermochimie, etc. J. B.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Le Congrès international des Électriciens de 1904.

D'après les journaux techniques américains, le Congrès international, qui se tiendra du 12 au 19 septembre, à Saint-Louis, à l'occasion de l'Exposition, promet d'être des plus brillants. Déjà plus de huit cents électriciens des États-Unis ont donné leur adhésion et de nombreuses sociétés ont décidé de tenir leurs assemblées générales annuelles pendant la période du Congrès.

Le Comité d'organisation du Congrès a récemment décidé de faire appel aux sommités de la science et de l'industrie électriques pour en obtenir des mémoires « aussi intéressants que ceux qui ont été réunis par le Congrès de Physique de Paris, de 1900, et dont l'ensemble est universellement regardé comme marquant l'état de nos connaissances dans les diverses branches de la Physique à la fin du XIXe siècle ». Beaucoup de savants et d'ingénieurs ont, paraît-il, déjà répondu favorablement, et le Comité d'organisation espère que la publication de cette collection de mémoires entraînera l'adhésion d'un grand nombre d'électriciens européens, même s'ils ne peuvent effectivement assister au Congrès.

Pour faciliter la discussion des mémoires, les membres du Congrès se diviseront en huit sections : A, Mathématiques expérimentales; B, Applications générales; C, Électrochimie; D, Transmission d'énergie; E, Éclairage et systèmes de distribution; F, Traction; G, Télégraphe et Téléphone; H, Electrothérapie.

Il est prévu que les adhérents étrangers arriveront à New-York du 3 au 5 septembre. Pendant les journées des 4, 5 et 6, ils visiteront, sous la conduite d'un Comité de réception de l'American Institute of Electrical Engineers, les principales installations de New-York et des environs. Le 7, ils partiront pour Washington où ils seront reçus par le Président des Etats-Unis et assisteront à l'inauguration officielle des nouveaux et vastes laboratoires du *National Bureau of Standards*. Le 9, ils quitteront Washington et arriveront à Saint-Louis le 10.

Il est également question d'organiser un voyage à la suite du Congrès, comme il en avait organisé un à l'occasion de l'Exposition de Buffalo en 1901.

Incandescence par le gaz et arc électrique.

Sur un rapport favorable du docteur Seggel, inspecteur des services de santé, et du professeur Eversbusch, le ministre de l'instruction publique et des cultes de l'Etat bavarois avait décidé d'introduire l'éclairage à incandescence par le gaz dans les bureaux ressortissant à son administration. Les électriciens, justement émus des conclusions de ce rapport, d'ailleurs en contradiction avec l'opinion de beaucoup de physiciens, résolurent de lui opposer les résultats d'essais comparatifs effectués dans des conditions aussi voisines que possible de la réalité. A cet effet, la Elektricitäts Gesellschaft, A.-G., ci-devant Schuckert et Cie, de Nuremberg, chargea le docteur Lehmann-Richter de mesurer l'éclairement sur les tables mêmes de l'école qui dépend de la susdite Société.

La comparaison a porté sur deux lampes à arc, disposées en série, de 11 ampères et 43,7 volts, alimentées par une batterie d'accumulateurs de 110 volts, et sur quatorze becs Auer.

L'éclairage électrique était produit par réflexion sur le plafond, recouvert à cet effet d'une peinture blanche qui se prolongeait jusqu'à $0^m,75$ sur les murs. Les becs étaient expérimentés d'abord avec un globe opalin, puis avec un système de réflecteurs disposés pour produire également l'éclairage indirect. Dans ce cas, on plaçait sur les tables ($0^m,75$ et $0^m,80$ de hauteur) des écrans blancs sur lesquels on dirigeait le photomètre Weber qui servait aux mesures.

Les résultats sont les suivants :

La consommation d'un bec Auer a été de 119^l de gaz à l'heure, avec une pression de 33^{mm} à 40^{mm} d'eau; les arcs absorbaient 1210 watts, y compris l'énergie perdue dans les résistances. Dans trois séries d'essais espacés, on a relevé un éclairement moyen de 60, 49,9 et 49 pour l'incandescence; pour l'arc, l'éclairement s'est montré à peu près constant et égal à 68.

Au bout de 556 heures, le pouvoir éclairant du bec Auer avait diminué environ de moitié. Quant aux frais de consommation, on les a trouvés, au début, un peu inférieurs à ceux de l'arc; mais ils s'équilibrent pour les deux systèmes après un laps de temps relativement court, et le rapport ajoute qu'on peut les considérer comme sensiblement égaux, si l'on fait entrer en ligne de compte les dépenses d'allumage assez considérables dans les services publics.

Les quatre becs brûlant ensemble pendant 3 heures consécutives, avec une seule personne dans la salle, ont augmenté la teneur en acide carbonique dans la proportion de 1 à 5 et la température de 6° environ ; cette température était mesurée à la hauteur de l'œil. Les arcs, fonctionnant dans les mêmes conditions, n'ont occasionné ni changement dans la composition de l'air ambiant, ni élévation de température.

B. K.

Raccord Hofmann à rivets pour canalisations électriques.

Le petit appareillage électrique ne fait l'objet d'aucune recherche de la part des constructeurs français qui se limitent à un petit nombre de modèles immuables. En Allemagne, au contraire, on trouve un très grand nombre d'appareils répondant à des cas



particuliers, et les ingénieurs s'ingénient à créer de nouveaux modèles permettant de simplifier les installations. C'est ainsi que M. Hofmann, de Dresde, a imaginé récemment un dispositif très pratique pour établir des connexions temporaires ou définitives sur les lignes en cuivre nu. Les deux fils à réunir, soit au moment de la pose, soit après une rupture accidentelle, sont enfilés dans un raccord en forme de tube aplati, sans soudure, présentant deux renflements percés d'une ouverture. Le tube est posé sur un petit bloc de fonte perforé et les fils sont écartés et refoulés successivement dans chacun des renflements à l'aide d'un poinçon. On peut alors placer dans les deux ouvertures du tube deux rivets, dont on aplatit la tête en se servant du même tas en fonte, utilisé précédemment. On obtient ainsi un raccord à rivets présentant une très grande résistance mécanique. Dans un essai à la traction, effectué au Conservatoire des Arts et Métiers, la rupture s'est produite en dehors du raccord. D'autres essais ont montré que la conductibilité est également très bonne, grâce à la précision apportée dans les dimensions des tubes-raccords, établis pour treize grosseurs différentes de fils; le raccord, étant construit en cuivre galvanisé, ne s'altère pas à l'air.

Le raccord Hofmann, dont MM. Belliol et Reiss ont pris la représentation en France, coûte très bon marché comme achat, à peu près le prix d'un serre-fils, et il procure une jonction excellente à un prix bien inférieur à celui du raccord ordinaire. L'opération de jonction est, en effet, très rapide et peut être exécutée par un manœuvre, tandis qu'une épissure demande un temps assez long et un ouvrier expérimenté. Aussi l'emploi du raccord Hofmann ne tardera pas, c'est probable, à se répandre en France pour toutes les canalisations aériennes en fils de cuivre.

Appareils de chauffage électrique.

Les Magasins de la Place Clichy mettent en vente depuis quelques mois, sous le nom de *thermophiles*, des tapis chauffés à l'électricité. Ils se composent d'une moquette ordinaire posée sur une thibaude dans le tissage de laquelle est introduit un fil fin de maillechort isolé à l'amiante que l'on relie à une prise de courant. On obtient ainsi, au bout d'une dizaine de minutes, une température douce de 45° environ.

Cet objet nouveau et original peut trouver son emploi si l'on veut chauffer d'une manière élégante les pieds des personnes réunies dans un salon et si l'on ne regarde pas à la dépense, car un tapis de 3^m sur 4^m absorbe 45 ampères, soit 5000 watts; le plus petit modèle, de $0^m,70$ sur $0^m,50$, consomme encore 2,3 ampères, soit 250 watts.

En outre de la consommation élevée, le tapis chauffant doit s'user assez vite, puisque le fil métallique est exposé après un certain temps aux atteintes directes des pieds et des engins de battage : c'est à notre avis un objet de pur luxe.

Pour des personnes isolées, voulant se chauffer les pieds, il existe des appareils beaucoup plus pratiques. Si certains chauffe-pieds consomment 1 ampère, d'autres constructeurs, tels que Parvillée et l'usine Pied-Selle, ont établi des appareils peu coûteux (25^{fr} à 30^{fr}), qui donnent une température de 60° environ, avec une consommation de 0,5 et même 0,3 ampère, soit 55 ou 33 watts; c'est-à-dire moins qu'une lampe de 16 bougies, ce qui représente une dépense horaire insignifiante. Ces modèles sont très robustes, car le corps de chauffage, fil ou toile métallique, est enfermé dans une enveloppe hermétique et imperméable en laiton ou en fonte.

Ces types de chaufferettes hermétiques et très plates, construits sous une forme allongée, conviennent aussi très bien pour le chauffage des trains ou tramways électriques et commencent à se répandre sur un assez grand nombre de lignes (1). On arrive ainsi, sans élever sensiblement la température ambiante, ce qui est inutile, à chauffer très bien les pieds des voyageurs (nous avons relevé 60° sur la ligne de Versailles avec une température extérieure de — 2°), avec le tiers du courant dépensé dans des radiateurs placés sous les banquettes et qui n'ont d'autre effet que de griller les mollets des voyageurs et de rendre l'atmosphère lourde par les temps doux.

Les constructeurs du thermophile annoncent également des couvertures et vêtements chauffants confectionnés de la même manière. Il n'y a plus là grande nouveauté, car la maison Parvillée a établi, il y a deux ans (2), des ceintures, genouillères et même bonnets chauffants (ces derniers contre les rhumes de cerveau d'après certains docteurs!), tous objets dont elle n'a d'ailleurs pas vendu beaucoup d'exemplaires. Cela ne nous étonne pas. Il ne nous paraît guère prudent de dormir avec des tissus chauffants qui risquent de vous rôtir s'ils se trouvent soumis à un court-circuit.

Les usines d'appareils de chauffage ordinaire du Pied-Selle, à Fumay (Ardennes), viennent de créer un nouveau modèle de résistance bien approprié à la construction des petits appareils de chauffage. Le fil de maillechort ou alliage analogue, au lieu d'être employé sous forme de spirales enroulées ou encastrées sur de l'amiante (comme cela a lieu généralement dans les autres petits appareils), forme la trame d'une toile ou plus exactement d'un canevas tissé dont la chaîne est constituée par un fil d'amiante. On arrive ainsi à loger une grande résistance sous un volume très réduit. Le montage de cette toile se fait très aisément dans les chaufferettes, chauffe-plats, plaques chauffantes, fers à repasser, tandis que la fabrication et la pose des fils enroulés en boudin demandent beaucoup de soin, ce qui permet d'arriver à des prix de vente sensiblement plus bas.

En employant cette toile résistante, les usines Pied-Selle ont pu établir un radiateur peu coûteux (25^{fr}) et qui est suffisant pour chauffer un cabinet de toilette ou une petite pièce, car il prend 5 ampères sous 110 volts, soit 550 watts, et qui est très peu encombrant, car il pré-

(1) Ils ont été employés d'abord par la maison Parvillée (*L'Éclairage électrique*, t. XXIV, p. 445, 22 septembre 1900; t. XXXI, p. 16, 12 avril 1902; t. XXXV, p. 372, 6 juin 1903), puis ensuite par d'autres constructeurs.

(2) *L'Éclairage électrique*, t. XXXI, p. 26, 12 avril 1902.

sente la forme d'un petit coffret à jour mesurant seulement 30^{cm} sur 20^{cm} et $7^{cm},5$ d'épaisseur, que l'on visse contre un mur ou une cloison et qui porte à sa partie inférieure un petit interrupteur semblable à celui d'une lampe.

En associant trois toiles de 5 ampères dans une cage en fonte, on réalise un petit calorifère d'appartement de 55^{cm} de haut, 38^{cm} de large et 2^{cm} d'épaisseur, qui consomme 15 ampères ou 1650 watts.

La toile résistante ne présenterait plus une solidité suffisante pour les très gros appareils de chauffage et les usines de Pied-Selle ont fait sagement de ne pas songer à l'employer pour cet usage, quand il s'agit de calorifères pour grands locaux, qui absorbent de grandes intensités; les barres métallocéramiques massives de Parvillée (¹) constituent un corps de chauffage plus robuste que les fils de maillechort et permettent de réaliser des calorifères de 24-36 et même 60 ampères de construction très simple.

On arrive pourtant, avec du soin, à construire de gros appareils de chauffage ne comprenant que des fils fins de platine ou de maillechort et ne se détériorant pas. C'est ainsi que l'usine Schindler Jeny, à Wadensweil près Zurich, vieille il est vrai de plus de dix ans et ayant par conséquent acquis une grande expérience, garantit pendant un an ses appareils Elektra, construits entièrement en fil même dans les très gros modèles de radiateurs et cuisinières, vendus en France par la fabrique d'appareils de chauffage ordinaire Briffault. Nous ne parlons pas des appareils électriques à fils métalliques noyés dans l'émail ou à bâtons de sélénium qui s'abîmaient très vite et qui n'existent pas ou ont disparu en France.

Les secteurs parisiens cherchent à développer les applications thermiques de l'électricité et certains consentent à des tarifs réduits de $0^{fr},40$ le kilowatt-heure avec compteur spécial; à ce taux le chauffage et surtout la cuisine électrique, sans être positivement économiques, deviennent abordables quand on apprécie les commodités particulières que ces procédés procurent.

Le secteur de la place Clichy possède depuis juillet dernier un four complet pour boulangerie et pâtisserie construit par la maison Schindler Jeny citée plus haut. Des relevés sont faits actuellement pour évaluer exactement la consommation de ces fours, dans le but d'en préconiser ensuite l'installation chez les boulangers. C. J.

Télégraphie sans fil.

Le General Post Office de Londres doit organiser prochainement des expériences de télégraphie sans fil avec le système de Forest. Ces expériences auront lieu entre Holyhead et Howth.

— Dans une conférence sur la télégraphie sans fil, le Professeur Sylvanus Thompson a rapporté ce fait qu'un bateau en détresse, ayant demandé à plusieurs reprises du secours à l'aide de ses appareils de télégraphie sans fil, ne reçut aucune réponse de la station la plus voisine, soit que cette station n'eût pas pu répondre, soit qu'elle n'eût pas voulu. L'orateur n'a pas dit de quel bateau et de quelle station il s'agissait; mais il tire de ce fait regrettable la conclusion qu'un règlement international de la télégraphie sans fil est absolument nécessaire.

— Récemment la légation italienne de Pékin a installé sur ses terrains une station de télégraphie sans fil pour rester en relation constante et indépendante avec les bateaux de guerre italiens mouillés en rade de Takou ou dans les environs. Les premiers télégrammes furent échangés avec le bateau amiral *Vittor Pisani* dans le golfe du Petchili, à une distance de 240^{km}.

— On a choisi finalement San Rossone pour l'emplacement de la station ultrapuissante projetée près de Rome qui, primitivement, devait être installée sur le Monte Mario. De cette station, Marconi espère pouvoir établir un service direct avec la République Argentine, Table Head (Canada), Cape Cod (États-Unis) et Poldhu.

Les prix de l'Académie des Sciences.

Parmi les lauréats des prix décernés par l'Académie des Sciences, dans sa séance publique annuelle de décembre, nous relevons les suivants :

MM. Jehenne, Gaillard et Germain, lieutenants de vaisseau, qui reçoivent chacun le sixième du *Prix extraordinaire de six mille francs*, le premier pour ses travaux relatifs à l'application de la télégraphie sans fil à la marine, les deux autres pour les perfectionnements qu'ils ont apportés aux appareils destinés à la transmission des ordres ou des indications de tir pendant le combat;

M. Marchis, professeur-adjoint à l'Université de Bordeaux, à qui est décerné le *Prix Plumey* (2500^{fr}) pour l'enseignement libre de Mécanique appliquée qu'il a créé, et plus particulièrement pour ses remarquables Leçons sur les machines à vapeur, les machines thermiques et les instruments de mesures industrielles;

M. E. Goldstein, astronome-physicien à l'Observatoire de Berlin, qui reçoit le *Prix Hébert* (1000^{fr}) pour l'ensemble de ses recherches sur les décharges électriques dans les gaz raréfiés;

M. Pierre Picard, à qui est décerné le *Prix Hughes* (2500^{fr}) pour les perfectionnements qu'il a introduits dans la télégraphie sous-marine;

M. Hospitalier, qui reçoit le *Prix Gaston Planté* (2000^{fr}) pour l'ensemble de ses travaux en électricité, en particulier pour son ondographe.

Société des Ingénieurs civils.

Le Bureau pour 1904, élu par l'Assemblée générale de décembre, est formé de MM. Gouriot, président; Coiseau, vice-président, devenant président en 1905; de Chasseloup-Laubat, trésorier.

Le Comité de la Section VI (Électricité) comprend : MM. Hillairet, président; Hospitalier, Picou, Harlé, E. Sartiaux, Bochet, Pinat.

(¹) *L'Éclairage électrique*, t. XVIII, p. 138, 28 janveir 1899.



Tome I. — N° 2. **30 janvier 1904.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Charpentier, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, Guilbert, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Maurain, Pellissier, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

SOMMAIRE.

I. **Articles :** Transformateur à courant continu à tension différentielle, par M. Aliamet, p. 33; Inflammation électrique des moteurs à explosion, par H. Armagnat, p. 37.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 41; Traction, p. 43; Télégraphie, p. 50; Éclairage, p. 52; Électrochimie, p. 52; Mesures, p. 53; Divers, p. 57.

III. **Brevets d'invention,** p. 59. — IV. **Bibliographie,** p. 61. — V. **Variétés et informations,** p. 62.

TRANSFORMATEUR A COURANT CONTINU A TENSION DIFFÉRENTIELLE (¹)

(système Lanhoffer).

La tension disponible aux bornes d'une dynamo à courant continu n'est pas susceptible de variations très étendues. Considérons, en effet, une machine tournant à sa vitesse de régime et fournissant du courant. Pour augmenter la différence de potentiel, il n'existe guère d'autre procédé que de faire croître le flux inducteur en augmentant le courant d'excitation.

On se trouve bientôt limité dans cette voie par la saturation magnétique, le flux tendant vers une valeur finie lorsqu'on augmente indéfiniment les ampères-tours inducteurs.

Si l'on cherche à diminuer la tension par réduction de l'excitation, les étincelles apparaissent bientôt aux balais, car la commutation ne se fait plus que dans de mauvaises conditions.

Nous désignerons par *coefficient de variation de tension d'une dynamo,* dans des conditions données de vitesse angulaire et de débit, le rapport des tensions extrêmes pour lesquelles le fonctionnement reste suffisamment acceptable.

Dans la pratique, ce coefficient ne dépasse généralement pas 1,5, c'est-à-dire, pour fixer les idées, qu'une dynamo de 120 volts, par exemple, pourra fonctionner convenablement entre 100 et 150 volts lorsque à sa vitesse normale elle fournira son courant maximum.

Bien des problèmes intéressants pourraient être abordés si les machines présentaient plus de souplesse, c'est-à-dire si leur coefficient de variation de tension était notablement supérieur à 1,5.

La machine *différentielle* imaginée par M. Lanhoffer résout complètement la question.

La tension maximum disponible est bien encore limitée par la saturation magnétique, mais la tension minimum peut devenir très faible sans qu'il en résulte d'inconvénients au point de vue de la commutation, seul point à redouter; le coefficient de variation peut dépasser 5, ce qui est un résultat vraiment remarquable.

(¹) Article communiqué par l'Association amicale des Ingénieurs-Électriciens.

Le fonctionnement de la machine Lanhoffer repose sur la possibilité de développer plusieurs forces électromotrices distinctes dans les diverses parties d'une même spire d'un induit.

Si l'on considère un fil dans lequel sont engendrées plusieurs forces électromotrices distinctes, la force électromotrice entre les extrémités de ce fil sera égale à la somme algébrique des forces électromotrices élémentaires qui s'ajouteront ou se retrancheront suivant leurs signes respectifs.

Pour pouvoir développer simultanément des forces électromotrices distinctes dans un même fil, il est de toute évidence que les diverses parties de ce fil devront se déplacer dans des champs magnétiques indépendants. Pratiquement, deux champs différents suffisent et le transformateur différentiel se compose de deux induits placés dans le prolongement l'un de l'autre, de manière à rendre l'arbre commun aux deux armatures.

Les noyaux induits sont ainsi séparés, calés sur le même arbre et tournent chacun dans l'alésage polaire de leur système inducteur respectif.

Le bobinage de l'induit est disposé de telle sorte que ses diverses spires embrassent à la fois les deux noyaux.

Un fil donné se trouve donc soumis à l'induction de deux flux indépendants qui agissent en réalité chacun pour son propre compte.

Quand les flux sont de même sens, les forces électromotrices s'ajoutent et la machine dédoublée fonctionne comme si elle avait un seul induit.

Lorsque au contraire les flux sont de sens contraire, les forces électromotrices se retranchent et peuvent même s'annuler complètement. La machine fonctionne alors en *différentielle*. Enfin si l'un des flux est nul, tout se passe comme s'il n'y avait qu'une seule armature, la seconde, placée sur le même arbre, se comportant comme si elle n'existait pas.

La figure 1 représente schématiquement la disposition du transformateur différentiel Lanhoffer.

Considérons les pôles inducteurs N, S et le noyau A_1, puis l'inducteur VV′ et son noyau A_2.

Désignons par E la force électromotrice développée dans une spire de l'enroulement induit par les pôles NS et par ε celle due à l'action des pôles VV′.

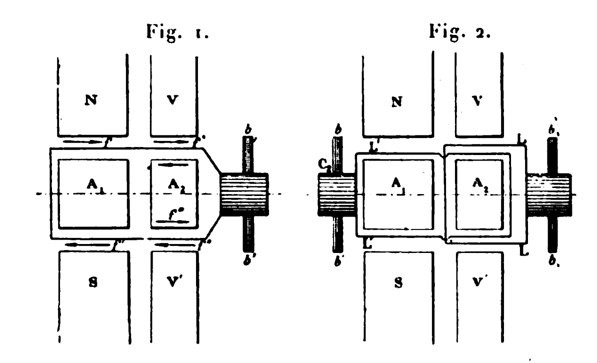
Nous supposerons que l'excitation des pôles NS est constante et que, par suite, E est invariable et dirigé à un instant donné suivant les flèches ff'.

ε étant la force électromotrice maximum que peut développer l'armature A_2, il est facile de voir que la force électromotrice résultante dans la spire pourra avoir les valeurs comprises entre

$$E + \varepsilon \quad \text{et} \quad E - \varepsilon.$$

Une valeur quelconque comprise entre ces limites dépendra du sens et de l'intensité du courant d'excitation des bobines placées sur les électros VV′.

Si ε est positif, c'est-à-dire de même signe



que E, le côté VA_2V' agit comme *survolteur* (sens f''). Inversement si ε est opposé à E le côté VA_2V' joue le rôle de *dévolteur* ou *sous-volteur* (sens f''').

Le rapport des sections des pôles NS, VV′ détermine la relation entre E et E_{max}; il fixe, par suite, les limites entre lesquelles on pourra faire varier la tension disponible au collecteur de la machine.

Le transformateur différentiel, avec ses deux circuits magnétiques distincts, se comporte donc, au point de vue de la puissance maximum, comme une machine dont le circuit magnétique serait équivalent à l'ensemble de deux parties pouvant être rapprochées presque jusqu'au contact.

L'entraînement peut s'effectuer comme d'habitude soit par courroie, soit par accouplement direct. Les manœuvres nécessaires pour faire varier la tension aux balais *bb′* consisteront simplement à agir sur un rhéostat muni d'un inverseur et placé dans le circuit des électros VV′. Le côté VA_2V' de la machine se nomme *côté compensateur*.

L'excitation du côté NA_1S, devant être constante, est obtenue soit séparément, soit de préférence par un enroulement induit spécial L, bobiné exclusivement sur le noyau A_1. La machine est

alors auto-excitatrice, le petit enroulement induit supplémentaire fournissant l'excitation des deux séries d'électros NS et VV'.

Cette disposition se trouverait schématiquement représentée sur la figure 2, si une erreur de dessin, malheureusement reconnue au dernier moment, n'avait fait mettre l'enroulement L sur le noyau A_2; elle comporte l'addition du collecteur dit d'*excitation*, avec ses balais $b_1 b'_1$.

La machine différentielle peut également être construite pour fonctionner comme un transformateur à courant continu dont le rapport de transformation serait variable entre des limites très éloignées.

Au lieu d'être entraînée mécaniquement, la dynamo sera conduite cette fois électriquement et transformera le courant du réseau, fourni sous *tension constante*, en un autre courant débité sous une tension qu'on pourra faire varier à volonté. La figure 2 représenterait cette disposition si l'enroulement moteur L était bobiné sur le noyau A_1 au lieu d'être sur A_2. Le courant du réseau arrive à un enroulement moteur L bobiné sur le noyau A_1 et aboutissant aux balais bb'. Le réseau fournit en outre le courant d'excitation des électros NS et VV'. L'enroulement L' bobiné à la fois sur les noyaux $A_1 A_2$ aboutit aux balais $b_1 b'_1$ et débite le courant transformé dont la tension peut être modifiée, comme il a été dit, en agissant sur le rhéostat inverseur intercalé sur le circuit des électros compensateurs VV'.

Il est intéressant maintenant de considérer le fonctionnement comme moteur de la machine différentielle. Celle-ci, alimentée sous tension constante, peut développer un couple constant avec des vitesses très différentes.

Le moteur à vitesse variable est identique au schéma représenté par la figure 1.

Le courant du réseau fournit l'excitation et alimente les balais bb'.

Si les électros VV' agissent dans le même sens que les électros NS la machine se comporte comme un moteur à courant continu ordinaire, de dimensions équivalentes.

Lorsque au contraire les pôles VV' agissent en sens inverse des pôles NS, la force contre-électromotrice résultante diminue. La vitesse angulaire augmente donc jusqu'à ce que la force contre-électromotrice ait acquis une valeur voisine de celle du réseau, ainsi que cela se produit toujours dans les dynamos fonctionnant en réceptrices.

Désignons par ω la vitesse angulaire de la dynamo lorsque les pôles NS, VV' sont de même sens et développent la force contre-électromotrice maximum $E + \varepsilon$.

Quand les pôles VV' agissent en sens contraire des pôles NS et produisent la tension $-\varepsilon$, la force contre-électromotrice totale devient $E - \varepsilon$. La vitesse angulaire ω' prend alors la valeur

$$\omega' = \omega \frac{E + \varepsilon}{E - \varepsilon}.$$

Si, en particulier, les pôles NS, VV' avaient la même section et pouvaient, par suite, développer des flux égaux, on pourrait avoir

$$E - \varepsilon = 0,$$

et la vitesse angulaire atteindrait la valeur

$$\omega' = \omega \frac{E + \varepsilon}{0};$$

elle serait infinie.

Ce cas est naturellement théorique. Dans la pratique, le flux développé par les pôles VV' est toujours moindre que celui issu des pôles NS, et à cet effet les électros VV' ont une section inférieure à celle des électros NS.

On est limité, du côté de la vitesse, par des considérations d'ordre purement mécanique.

Avec les induits lisses, même soigneusement cerclés, il n'est guère possible de dépasser une vitesse tangentielle de 20 mètres par seconde.

Cette vitesse peut atteindre 30 mètres par seconde et plus, si l'induit est à noyau denté avec entailles demi-fermées.

Dans ce cas, on introduit de force des coins en bois dur entre l'enroulement et les lèvres des entailles.

Examinons maintenant d'un peu plus près le fonctionnement de la machine Lanhoffer, tant au point de vue de la réaction d'induit que relativement à la commutation.

Supposons (*fig.* 1) que les pôles NS, VV' agissent en concordance.

Le flux résultant dans l'entrefer sera dirigé suivant AA' (*fig.* 3, partie de gauche) pour le côté NA_1S de la machine et suivant BB' pour le côté VA_2V'.

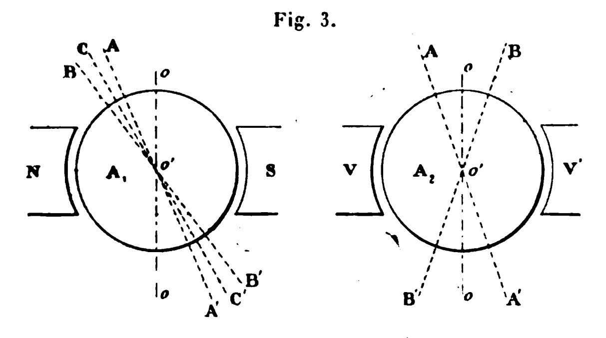
Au point de vue de la réaction d'induit totale, tout se passera comme si le flux était dirigé suivant CC′.

Pour un débit donné, l'angle formé par les droites AA′, *oo* sera constant tandis que l'angle B*o′o* variera suivant la tension ε développée par le côté compensateur VA_2V'.

Quand cette tension est faible, c'est que les pôles VV′ sont peu excités et l'angle B*o′o* est plus grand que A*o′o*.

Il diminue quand l'excitation augmente et

Fig. 3.



lorsque la tension est voisine de ε, BB′ se superpose sensiblement à AA′.

Au point de vue de la commutation, les balais doivent être placés de manière à satisfaire aux deux positions AA′, BB′ situées d'un même côté de *oo′*.

Lorsque les électros VV′ agissent en sens contraire de NS, le flux de réaction relatif au côté NA_1S reste comme précédemment dirigé suivant AA′.

Le flux de réaction dans la partie VA_2V' passe en BB′ de l'autre côté de la ligne *oo′* (*fig.* 3, partie de droite).

Au point de vue de la position des balais, l'enroulement induit placé sur le noyau A_1 demande le calage en avant du sens de rotation comme dans le cas des dynamos génératrices ordinaires.

Le calage est, au contraire, en arrière, comme dans les dynamos réceptrices, pour la partie d'enroulement bobinée sur le noyau A_2.

La seule manière de satisfaire à des positions de calage si différentes consiste à donner aux divers éléments de la machine des proportions telles que les balais puissent rester fixes, aussi bien pour la marche en génératrice que pour le fonctionnement en réceptrice.

On sait maintenant calculer les dynamos avec assez de perfection pour qu'elles puissent fonctionner convenablement avec un calage fixe des balais, quel que soit le débit et aussi bien pour la marche en génératrice que pour la marche en réceptrice.

Relativement à la chute de tension provoquée par la réaction d'induit, les effets sont les mêmes dans la machine Lanhoffer que dans les dynamos ordinaires bien étudiées.

Chaque partie A_1, A_2 de l'induit agit, en effet, pour son propre compte et, les effets s'ajoutant dans tous les cas, tout se passe comme s'il s'agissait d'un induit à noyau unique équivalent à la somme des parties A_1A_2.

Examinons maintenant ce qui se passe lorsque la dynamo Lanhoffer est bobinée de manière à constituer un transformateur à tension variable.

Les réactions d'induit sur le noyau A_1 se compensent constamment, les ampères-tours de l'enroulement moteur, que nous avons appelé L′, étant égaux et agissant en sens inverse de ceux de la portion L de l'enroulement différentiel proprement dit.

Les ampères-tours de l'enroulement différentiel bobiné sur A_2 sont les seuls à agir et le flux résultant est orienté suivant B B′ ou suivant AA′, selon que les pôles V V′ concordent avec les pôles N S ou donnent un flux inverse.

La réaction d'induit est moindre dans les deux cas et la commutation encore plus facile que lorsque la machine ne comporte pas d'enroulement récepteur L′ et fonctionne comme une machine génératrice entraînée mécaniquement. Les mêmes explications subsistent si l'on envisage la machine différentielle marchant en réceptrice à vitesse variable.

Il y a lieu d'examiner enfin le cas où, les pôles V V′ n'étant pas excités, la partie de l'enroulement bobinée sur le noyau A_2 ne développe aucune force électromotrice.

Ce cas est évidemment le plus défavorable, car l'enroulement du noyau A_2 supporte le courant tout en se déplaçant devant les pôles non excités.

Pour que la commutation ne soit pas troublée, il faut que la partie de l'enroulement L répartie sur le noyau A_1 l'assure à elle seule.

Ceci démontre que le problème réalisé par la dynamo différentielle ne pourrait être résolu en groupant en tension deux induits différents.

L'induit qui ne développerait qu'une faible différence de potentiel et qui, cependant, devrait supporter le courant de l'autre, se comporterait très mal, de fortes étincelles apparaîtraient aux balais.

Au contraire, dans la disposition de M. Lanhoffer, si une portion de spire tend à troubler le fonctionnement, le complément de cette spire s'y oppose et, pratiquement, la machine se conduit très bien à tous les régimes de débit, de tension et de vitesse angulaire.

A titre d'exemple, nous décrirons dans le prochain numéro le transformateur à tension variable étudié et construit pour la Compagnie du Nord par la maison Bréguet, concessionnaire en France des brevets Lanhoffer.

Aliamet,
Inspecteur-chef
du Laboratoire électrotechnique
du Chemin de fer du Nord.

INFLAMMATION ÉLECTRIQUE DES MOTEURS A EXPLOSION.

Il y a un an environ, nous avions l'occasion de faire un exposé de la question à propos du Salon annuel de l'Automobile ([1]). Le Salon de 1903 nous a montré quelques nouveautés sur lesquelles nous appellerons l'attention ici, nous reportant à l'article précité pour le reste.

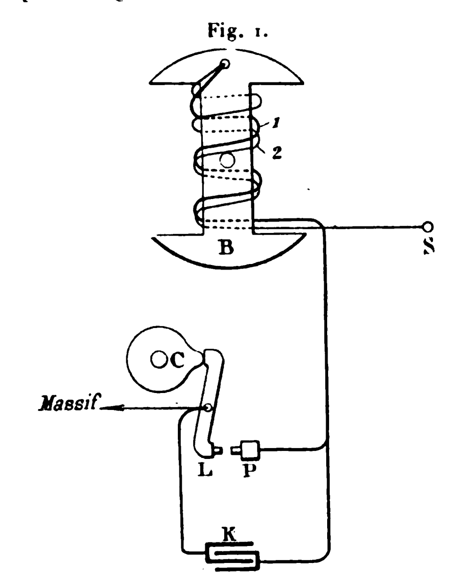
La tendance manifestée l'année dernière, qui montrait la magnéto d'allumage faisant concurrence au système bobine et accumulateurs, s'est encore précisée cette année. Il semble même que la magnéto, qui a fait de réels progrès, peut arriver assez rapidement à supplanter l'ancien système.

Jusqu'ici les magnétos employées fournissaient seulement un courant de basse tension qui ne pouvait produire d'étincelle qu'au point de rupture même. Ce système, encore très employé (Simms-Bosch, Bardon, Mors, Bergmann, etc.), exige une installation mécanique spéciale pour produire la rupture dans le cylindre lui-même. Dans les nouveaux modèles à haute tension (Simms-Bosch, Nilmelior, Vesta), on utilise encore l'extra-courant de rupture, mais il y a un circuit secondaire, enroulé également sur l'induit de la magnéto, et dans ce circuit la rupture du primaire développe des forces électromotrices élevées, avec lesquelles on peut faire éclater une étincelle dans une bougie d'allumage ordinaire. L'ensemble constitue une bobine d'induction dans laquelle l'énergie est engendrée directement dans le circuit primaire.

([1]) *Éclair. élect.*, t. XXXIV, p. 403, 14 mars 1903.

Schématiquement, ce dispositif peut être représenté par la figure 1. Sur la bobine B à double T

Fig. 1.

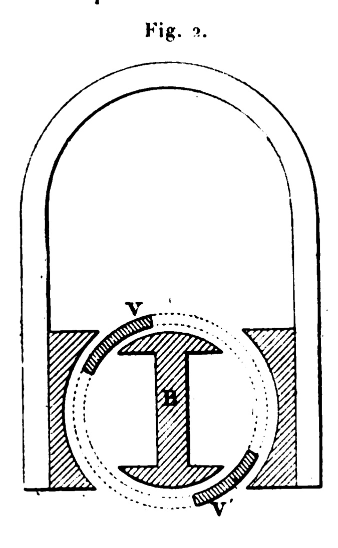


d'une magnéto sont enroulés deux circuits : un à gros fil et l'autre à fil fin. Ces deux circuits ont chacun une extrémité reliée à la masse métallique de la bobine; l'autre extrémité du primaire est reliée à un plot isolé P; le secondaire est relié à une borne isolée S, qui peut être connectée à la bougie. Une came C, sur laquelle frotte un levier L, ferme périodiquement le circuit primaire sur lui-même en reliant le plot P au massif; entre L et P se trouve intercalé un condensateur K. Il est facile de comprendre le mécanisme du système : la position de la came étant

convenablement choisie, le levier L est brusquement arraché du contact avec P, au moment où le courant primaire a son intensité maximum; des oscillations naissent dans le circuit par suite de la présence du condensateur K et des forces électromotrices très élevées se développent dans le secondaire. Le mouvement seul de la bobine B, dans le champ magnétique, développe bien déjà une force électromotrice dans le secondaire, mais la variation du flux est trop lente, tandis que les oscillations causées par la rupture du primaire sont extrêmement rapides.

Dans les *magnétos Simms-Bosch* à haute tension, comme dans le modèle à extra-courant, la bobine B est fixe et placée à 90° du champ magnétique créé par des aimants en U (*fig.* 2).

Fig. 2.



Un double volet VV', concentrique à la bobine B, tourne dans l'entrefer ménagé entre celle-ci et l'aimant; il est facile de voir que ce dispositif produit, dans la bobine B, quatre renversements du flux, c'est-à-dire quatre phases d'un courant alternatif, pour chaque tour des volets. Cette particularité est utilisée dans le grand modèle de magnéto pour moteurs à quatre cylindres : une rupture est produite à chaque renversement de flux et fait éclater une étincelle au secondaire. La bobine B étant fixe, la connexion du primaire avec le plot P (*fig.* 1) s'établit directement, sans contact frottant, ce qui évite une cause importante de trouble. Les volets VV' sont montés sur un axe sur lequel est également fixé un disque de fibre formant, d'un côté, distributeur d'étincelles et portant de l'autre des bossages qui soulèvent le levier L, comme le ferait une came. Le distributeur est très simple : il est composé d'une bague métallique plate, sur laquelle frotte un balai en charbon, parallèle à l'axe de rotation, relié à l'extrémité S du secondaire; cette bague porte une projection radiale qui vient passer successivement sous quatre autres balais en charbon reliés chacun à une des bougies du moteur. L'avance à l'allumage est produite en déplaçant le levier L dans le sens inverse du mouvement de la came. La magnéto forme un tout compact qui n'exige pas d'autre connexion que les quatre fils allant aux bougies.

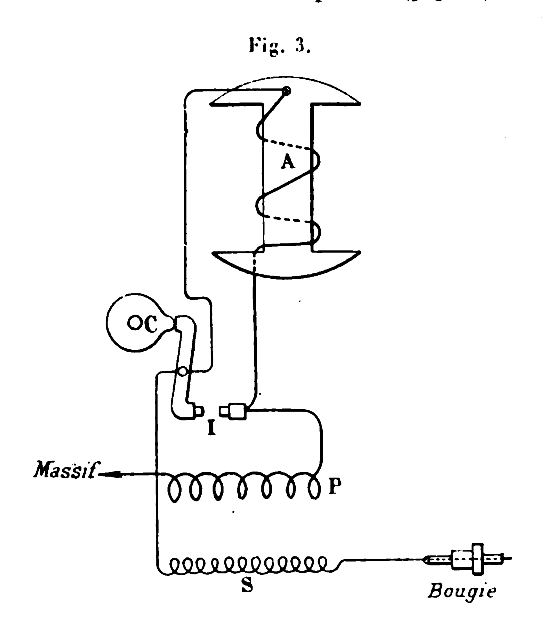
Dans un modèle plus petit, pour un seul cylindre, la maison Simms-Bosch emploie le système ordinaire, en faisant mouvoir la bobine B elle-même; il n'y a pas de volets comme ci-dessus. Le schéma est exactement celui de la figure 1. Le plot isolé P et le levier L sont fixés sur un plateau métallique qui est solidaire de la bobine et tourne avec elle; le levier L est muni, à l'extrémité opposée à P, d'un galet qui roule sur une came intérieure en fibre; celle-ci est fixe. Une seule fermeture et une seule rupture ont lieu à chaque tour, c'est-à-dire qu'il y a seulement une étincelle. La came est tracée de telle sorte que la fermeture dure seulement le temps nécessaire à l'établissement du courant, afin d'éviter une dépense d'énergie inutile. Le condensateur est relié d'une part au massif, d'autre part à un plot isolé muni d'un ressort. Ce dernier presse un chapeau métallique isolé par la came en fibre. A l'intérieur du chapeau est fixé un petit bloc de charbon qui appuie contre le bout isolé de l'arbre relié lui-même au primaire. Le bout S du secondaire est relié à une bague isolée fixée au bout de l'axe de rotation opposé à l'interrupteur; un balai en charbon, relié à une borne, frotte sur la bague. Les dimensions du tout sont si réduites que l'ensemble ne pèse pas plus de 4^{kg}.

La *magnéto Nilmelior* a aussi le schéma de la figure 1. Elle diffère des précédentes par la forme. Les aimants sont demi-circulaires et assemblés sur des pièces polaires en fer; ils forment une sorte de carcasse qui entoure de près les organes mobiles. Le condensateur est placé dans des boîtes cintrées, posées sur les aimants, et le tout est recouvert d'une armature métallique, de façon à former une boîte cylindrique portée par deux tourillons qui lui permettent de tourner

d'un angle suffisant pour régler l'avance à l'allumage. La bobine mobile est de la forme à double T de Siemens. Le levier interrupteur du circuit primaire est commandé par une came en acier. La distribution des étincelles aux cylindres est faite par un axe auxiliaire animé d'une vitesse moitié moindre (pour quatre cylindres); cet axe entraîne des contacts sur lesquels frottent des ressorts reliés aux bougies. Le distributeur tout entier est contenu dans une boîte en ébonite. La magnéto, qui était désignée au Salon sous le nom de *Vesta*, était à peu près identique à celle-ci.

Dans le *système Eisemann*, la magnéto et la bobine sont séparées. La bobine est une bobine d'induction ordinaire, sans interrupteur ni condensateur. La magnéto est composée d'un induit Siemens à double T, tournant entre les pôles d'aimants en U. Un interrupteur I (*fig.* 3), com-

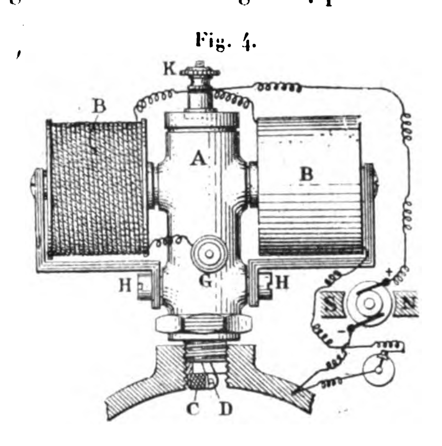
Fig. 3.



mandé par une came solidaire de la bobine mobile A, met cette bobine en court-circuit pendant la plus grande partie du temps. Le primaire de la bobine d'induction P, qui est branché directement sur l'interrupteur, est aussi fermé sur lui-même. Au moment où la came ouvre le court-circuit, l'extra-courant de la bobine mobile A est lancé dans le circuit primaire P de la bobine d'induction, où il engendre dans le secondaire une force électromotrice assez élevée pour donner une étincelle de quelques millimètres. L'étincelle se produit donc à l'*établissement* du courant dans la bobine et pas à la rupture.

Une solution intermédiaire entre l'inflammation par extra-courant, avec rupture produite *mécaniquement* dans le cylindre, et l'inflammation par bobine ou magnéto à haute tension est donnée par l'*allumeur électromagnétique* ***H. T. Z.*** Cet appareil se fixe sur le cylindre, à la place de la bougie ordinaire. La figure 4 permet de com-

Fig. 4.

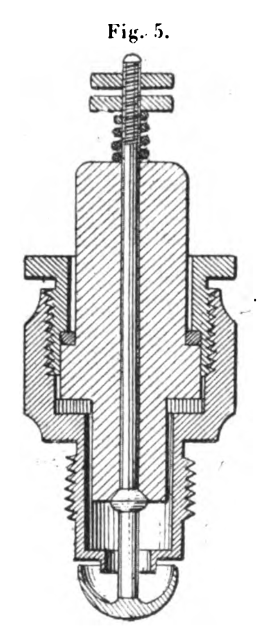


prendre aisément le système : le levier isolé D est en acier-nickel; il oscille autour de son centre de gravité, qui se trouve à peu près sur la ligne HH; dans la position normale, il est écarté de la masse C reliée au massif. Le courant est fourni par une magnéto à courant continu. Quand le contact est fermé par la came, le courant passe dans l'électro de droite, et celui-ci attire l'extrémité supérieure du levier isolé D; ce mouvement met la partie inférieure de D en contact avec la masse C; par suite, l'électro de gauche reçoit à son tour le courant et s'aimante. A ce moment la came a cessé d'envoyer le courant dans l'électro de droite; celui de gauche agit seul et attire l'extrémité supérieure du levier, ce qui éloigne D de C en produisant une étincelle.

Dans les bobines proprement dites, rien de réellement nouveau à signaler, sauf le nombre considérable de rupteurs rapides. Alors que l'année dernière il n'y en avait que deux, on voyait cette année une quantité de modèles plus ou moins inspirés par les premiers. Nous ne pouvons songer à les décrire tous ici, et nous nous bornerons à donner les noms de ceux qui revendiquaient quelque nouveauté pour leurs modèles : Ancel, Brunet-Loiseau, Dary, Legay, Ropiquet.

Dans les bobines d'inflammation, une tendance qui se manifeste de plus en plus consiste à augmenter le nombre de points où l'étincelle peut éclater, et à disposer la bougie de telle sorte que l'encrassement puisse être évité. La *bougie Luthi*

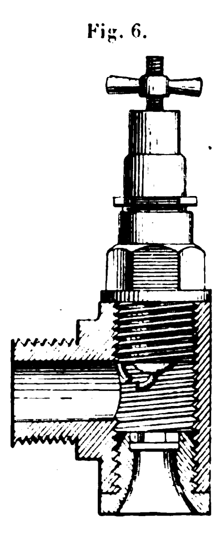
Fig. 5.



(*fig.* 5) montre une manière de réaliser ces conditions.

La Société de l'Allumage électro-catalytique présentait un petit accessoire destiné à montrer

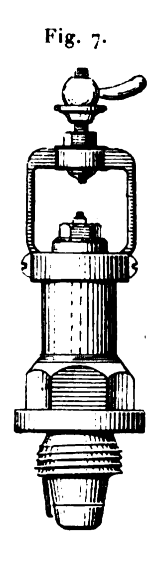
Fig. 6.



comment fonctionne l'allumage du moteur. Un petit raccord en T (*fig.* 6), qui se monte à la place de la bougie, reçoit, à l'une des extrémités de sa grande branche la bougie elle-même. Un œilleton en verre épais ferme l'autre extrémité. L'examen de la flamme et de l'étincelle par ce moyen peut faciliter le réglage du moteur, mais il est à craindre que l'augmentation du chemin à parcourir par l'onde d'inflammation apporte une perturbation sérieuse à la marche du moteur.

On sait qu'une bougie encrassée allume mieux le mélange gazeux quand elle reçoit le courant par l'intermédiaire d'une petite étincelle que quand elle est reliée directement à la bobine. Plusieurs dispositifs, destinés à réaliser d'une façon permanente la double étincelle, étaient présentés au Salon. Parmi ceux-ci la *bougie P. M.*

Fig. 7.



(*fig.* 7) peut servir à caractériser le système. Le fil de la bobine est attaché sous l'écrou moleté porté par le pont métallique qui embrasse la partie supérieure de la bougie; de là le courant ne peut atteindre la tige centrale qu'en franchissant, par une étincelle, l'intervalle entre les deux pointes.

Cet effet curieux peut être expliqué de la façon suivante : les dépôts charbonneux qui se forment sur la bougie sont faiblement conducteurs, et le courant induit de la bobine les traverse facilement; ils forment presque un court-circuit, de sorte qu'il n'y a aux bornes de la bougie qu'une différence de potentiel insuffisante pour provoquer une étincelle. Au contraire, si l'on coupe, par un intervalle de longueur suffisante, le conducteur qui relie la bobine à la bougie, la nature de l'étincelle change; elle devient blanche et crépi-

tante : c'est une étincelle de haute fréquence, et celle-ci amène aux bornes de la bougie des quantités d'électricité relativement considérables. Ces quantités ne pouvant pas s'écouler assez rapidement par le conducteur imparfait formé par le dépôt charbonneux, la différence de potentiel s'élève et l'étincelle éclate. Le phénomène peut être comparé à celui des tableaux de limaille que l'on montre dans l'électricité statique : sur une feuille de verre, enduite de vernis, on saupoudre des limailles métalliques et l'on place aux deux bouts des feuilles d'étain reliées à une machine statique ou à une bouteille de Leyde ; la décharge se propage sur cette surface en affectant les formes ramifiées bien connues. Le même tableau, relié à un alternateur, laisse passer le courant, et quelquefois même une plus grande intensité, sans aucun effet visible.

C'est sans doute à un effet du même genre qu'il faut attribuer l'efficacité des petits condensateurs placés en dérivation sur le secondaire de la bobine, comme dans le système appelé *condenso-transformateur Dawlyss*. La présence de cette capacité augmente la brusquerie du choc produit par la décharge, mais surtout elle change l'étincelle de période relativement lente en étincelle de courte période, comme le fait la double étincelle ci-dessus. On invoque, pour expliquer l'efficacité de ces condensateurs, la plus grande puissance de l'étincelle condensée, laquelle, dépensant toute son énergie en un temps beaucoup plus court, permet d'atteindre des températures plus élevées. Il est permis de douter un peu de cette explication quand on voit la faiblesse des étincelles qui suffisent à produire l'inflammation; cependant beaucoup de personnes pensent que le *volume* de l'étincelle joue un rôle important pour la bonne inflammation du mélange; la question a encore besoin d'être approfondie.

H. Armagnat.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Procédé de production de l'énergie électrique par utilisation directe de l'énergie chimique d'un combustible quelconque, par Henri TOURNEUR. — Brevet français n° 332982 du 11 juin 1903, délivré le 9 septembre 1903, publié le 12 novembre 1903.

L'inventeur emploie ici un couple voltaïque dans lequel le zinc est remplacé par un sulfure qui joue le rôle de corps combustible intermédiaire, le sulfure de potassium par exemple. Le rhéogène ou appareil producteur d'électricité comprend des électrodes en charbon et une cloison semi-perméable. D'un côté se trouve le liquide excitateur, sulfure de potassium par exemple; de l'autre côté, un dépolarisant tel que l'acide nitrique. Le sulfate qui résulte de la combustion du sulfure est régénéré dans un appareil appelé le *régénérateur* et dans lequel le sulfate est transformé en sulfure par l'action d'un combustible quelconque dans un four approprié (on peut faire usage d'un four électrique).

Pile hydro-électrique à un seul liquide se renouvelant automatiquement, par H. PIQUEUR. — Brevet français n° 331698 du 4 mai 1903, délivré le 4 août 1903, publié le 25 septembre 1903. — Brevet anglais n° 4234 du 23 février 1903.

Cette pile utilise, comme dépolarisant, l'acide hypochloreux ou un autre acide oxygéné du chlore. La consommation d'acide est réglée automatiquement par un relais, d'après la consommation de courant.

Comme électrodes, on emploie le zinc au pôle négatif et le charbon au pôle positif. Le liquide excitateur est constitué par l'acide chlorhydrique qui se forme pendant le fonctionnement.

On trouvera les détails de construction de cette pile dans *Centralblatt für Accumulatoren-Elementen-und Accumobilenkunde*, t. IV, p. 275, 1er décembre 1903.

(1) L'office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXe), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

Appareil électrolytique particulièrement applicable comme pile secondaire, par H.-B. BORD. — Brevet français n° 332789 du 4 juin 1903, délivré le 3 septembre 1903, publié le 6 novembre 1903.

Chaque électrode négative est formée d'une plaque support en cuivre sur les faces de laquelle sont appliquées des plaques de zinc ou autre métal électropositif. L'électrode est introduite dans un vase poreux renfermant du mercure qui remplit à peu près entièrement le vase. Les plaques positives sont constituées par des supports en plomb recouverts de peroxyde de plomb ou encore en cuivre recouvert de bioxyde de manganèse. Toutes ces électrodes sont ondulées verticalement.

Électrodes poreuses et indissolubles pour accumulateurs électriques, par RINALDO CALANDRI. — Brevet français n° 332225 du 19 mai 1903, délivré le 19 août 1903, publié le 19 octobre 1903.

La plaque est composée d'une grille conductrice dans laquelle la matière de remplissage, protoxyde de plomb, est introduite à l'état sec. Cette grille, garnie de matière active, est enveloppée d'une feuille de plomb très mince (quelques centièmes de millimètre), percée de nombreux trous. Sur cette feuille de plomb l'on dispose enfin les séparateurs en matière isolante qui écartent les plaques et retiennent en même temps la feuille de plomb.

Électrode d'accumulateur et procédé pour sa fabrication, par JOHANNES VON DER POPPENBURG. Brevet français n° 332463 du 25 avril 1903, délivré le 25 août 1903, publié le 29 octobre 1903.

La grille comprend une partie conductrice et une partie isolante. La première est constituée d'un grand nombre de nervures horizontales et de deux nervures verticales divisant les nervures horizontales en trois parties dont les deux extrêmes sont légèrement recourbées. Le cadre ou châssis est en matière isolante (caoutchouc par exemple) et muni d'évidements ou mortaises intérieures correspondant aux nervures horizontales de la grille conductrice. Ces évidements reçoivent les extrémités libres des nervures.

Pour fixer l'ensemble, on place horizontalement le châssis et l'on introduit la grille conductrice à l'intérieur. En exerçant une pression sur les parties extrêmes des nervures horizontales, on redresse celles-ci et on les fait entrer ainsi dans les mortaises du cadre. La matière active est coulée à l'état de bouillie dans les alvéoles de la plaque.

Procédé et appareil pour fondre les plaques d'accumulateurs, par BIJUR. — Brevet français n° 331910 du 11 mai 1903, délivré le 10 août 1903, publié le 8 octobre 1903.

Sans entrer dans les détails de construction qui nécessitent, dans la description, la présence de 19 figures, mentionnons que ce brevet a pour but principal de permettre de fabriquer des plaques composées de bandes de plomb solide qu'on réunit par du plomb fondu. Ordinairement, le plomb que l'on coule chauffe trop les parties voisines du point d'arrivée, parties qui fondent, tandis que les points plus éloignés, insuffisamment chauffés, se soudent mal. L'inventeur a reconnu qu'il est préférable de déposer le métal en fusion en place, à température élevée et cela progressivement pendant que les pièces à réunir sont maintenues à température convenable.

Les bandes ou lames, fabriquées séparément, sont disposées dans un moule approprié. On chauffe presque à la température de fusion du plomb. On incline le moule et du plomb fondu surchauffé est soigneusement versé dans les canaux qui formeront les nervures en commençant, dans chaque cas, à l'extrémité inférieure du canal et en remontant le long du plan incliné de sorte que le plomb reste en place et forme les nervures en se solidifiant.

On peut aussi placer au-dessus du moule une série de bandes en fer ou acier qui correspondent comme position aux nervures de la plaque. Ces bandes peuvent être traversées par un courant électrique qui les chauffe à blanc. Des barres de plomb sont fondues au préalable et ont les dimensions et la section que l'on veut donner aux nervures. A l'aide d'une rainure qu'elles possèdent, ces barres sont fixées sur les bandes en fer. On descend alors l'ensemble sur la plaque de telle façon que les barres de plomb remplissent les canaux, puis on fait passer le courant. Le plomb des barres fond et se soude à celui des bandes. Quand le plomb est fondu, on relève les bandes de fer et on laisse le plomb se solidifier.

Perfectionnements dans les machines à couler sous pression les électrodes pour accumulateurs et piles, par VELLINO. — Brevet français, n° 335190 du 20 juillet 1903, délivré le 18 novembre 1903, publié le 13 janvier 1904.

L'appareil de compression qui se trouve noyé dans la marmite à plomb comprend un corps de pompe dans lequel le métal liquide peut être fortement comprimé par un piston mû mécaniquement. L'entrée du plomb se fait sur toute la largeur du moule

en deux parties, par l'intermédiaire d'une grosse masse métallique dont la moitié plonge dans le métal fondu. Cette masse forme un magasin de chaleur qu'elle soutire du métal liquide et a pour but de maintenir constamment la température de fusion jusqu'à deux boîtes situées avant le moule (à sa partie inférieure) et dans lesquelles le plomb doit passer. Ces boîtes peuvent être refroidies, à l'aide d'une circulation d'eau, par exemple.

A la partie supérieure du moule sont ajustées également deux boîtes très énergiquement refroidies par des espaces dans lesquels circule, soit un courant d'air, soit un courant d'eau. Ces boîtes ne ferment pas le moule, mais le continuent par un grand nombre de canaux très étroits présentant une grande surface de refroidissement. Par ces canaux l'air peut se dégager sans difficulté; mais, dès que le métal liquide se présente, il est instantanément solidifié. Quelle que soit la pression, le moule est alors fermé automatiquement au moment voulu.

Le refroidissement des boîtes inférieures est réglé de telle façon que le refroidissement de cette partie survient en dernier lieu. La pression s'exerçant toujours sur le piston, l'alimentation continue et le retrait qui se produit dans le moule est compensé au fur et à mesure de la solidification.

Les trois pièces, le moule et les deux boîtes, sont solidaires et l'ensemble peut s'ouvrir en deux parties à la façon d'un moule ordinaire. Une des pièces est fixée solidement, par des vis, au corps de pompe, ce dernier est à son tour fixé à la marmite. La partie antérieure de la presse s'ouvre comme une armoire à l'aide de charnières. Le serrage des deux parties est obtenu à l'aide d'une vis. Pendant ce serrage, la demi-boîte inférieure mobile taillée en biseau forme joint hermétique sur la grosse masse métallique dont nous avons parlé ci-dessus et qui est également taillée en biseau. Cette forme rend très facile l'ouverture du moule.

Le fonctionnement se fait de la façon suivante : par la descente du piston, le métal est projeté avec violence hors de la conduite de la grosse masse métallique tout en ayant à vaincre une contre-pression due à l'action de la pesanteur et qui l'oblige à s'étendre dans les parties creuses transversales du moule. Le métal monte comme un piston, en chassant devant lui l'air qui s'échappe par les étroits canaux de la boîte supérieure. Dès que le métal arrive en ces points, il se solidifie et ferme hermétiquement le moule. L'opération dure moins d'une seconde (d'après le brevet). Aussitôt qu'on retire la pression sur le piston, le métal qui reste liquide dans la grosse masse métallique inférieure retombe jusqu'au niveau du plomb dans la marmite, tandis qu'il s'est solidifié d'abord dans les boîtes supérieures, puis dans le moule, et enfin dans les boîtes inférieures.

On ouvre la presse et, après avoir retiré la plaque, l'ouverture est parfaitement libre pour une autre opération. L. J.

TRACTION.

La traction électrique sur les lignes interurbaines. Comparaison entre le courant alternatif et le courant continu, par PAUL-M. LINCOLN. (*Electrical World*, t. XLII, p. 951-955, 12 décembre 1903.)

Dans presque toutes les entreprises américaines de traction électrique, c'est au courant continu qu'on a eu recours, tandis que les ingénieurs d'Europe ont employé, dans un bon nombre de cas, le moteur asynchrone polyphasé. Voici les deux principales raisons pour lesquelles les Américains rejettent ce système :

1° Le moteur asynchrone polyphasé, étant essentiellement un moteur à vitesse constante, ne convient pas à la traction. Son rendement n'est bon qu'à une vitesse définie; à toute autre allure, le rendement ne peut être plus grand que le rapport de la vitesse réalisée à la vitesse de synchronisme. Pour éviter ces pertes, on recourt au groupement des moteurs en cascade, c'est-à-dire qu'on fait alimenter le primaire d'un des moteurs par le secondaire d'un autre placé sur le même véhicule. Si les deux moteurs ainsi accouplés sont enroulés pour le même nombre de pôles, on abaisse de moitié, par ce moyen, la vitesse de synchronisme de chaque groupe de moteurs; on réalise donc une économie entre la vitesse nulle et la demi-vitesse, mais on est contraint d'augmenter beaucoup le poids du matériel électrique. La pratique européenne consiste à équiper chaque voiture de quatre moteurs, dont deux principaux et deux autres qui ne servent qu'au-dessous de la demi-vitesse. Quand la voiture a dépassé cette allure, les deux moteurs auxiliaires tournent à vide : le procédé serait donc probablement désavantageux pour les longs trajets, car l'énergie absorbée par le transport du poids supplémentaire ferait plus que compenser l'énergie économisée aux démarrages.

2° Avec les moteurs d'induction polyphasés, il est nécessaire d'avoir au moins deux conducteurs aériens, et il est très difficile d'isoler convenablement ces conducteurs aux tensions élevées. La question est bien plus simple quand les pôles de la canalisation sont constitués par un fil aérien et le sol, comme c'est le cas dans une distribution monophasée.

Les ingénieurs américains ont donc laissé de côté le moteur d'induction comme impropre à la traction

et se sont tournés vers le moteur-série à collecteur alimenté par courant monophasé, dont les caractéristiques de couple et de vitesse sont à peu près identiques à celles du moteur-série à courant continu. L'auteur croit que les moteurs de ce type trouveront leur véritable champ d'application dans la traction interurbaine.

Considérant la question sous son aspect général, il y a lieu de se demander quels sont les avantages du courant alternatif sur le courant continu pour la traction. Les principaux sont :

1° La tension du courant d'alimentation peut être aussi élevée qu'on veut;

2° On évite les pertes rhéostatiques;

3° On supprime les convertisseurs rotatifs;

4° Les sous-stations n'exigent aucune surveillance;

5° On n'a pas à craindre les effets d'électrolyse dus au courant de retour.

En regard de ces avantages bien connus, il faut citer les inconvénients de la traction par courants alternatifs :

1° Matériel roulant plus lourd;

2° Difficulté d'exploiter par ce système les lignes existantes;

3° Pertes plus grandes dans les rails;

4° Self-induction du circuit inducteur;

5° Réactions possibles sur les lignes téléphoniques.

Considérons en particulier chacun de ces derniers points.

1° *Matériel roulant plus lourd.* — Un alternomoteur de puissance donnée est nécessairement un peu plus lourd et plus coûteux qu'un moteur à courant continu de même puissance. En outre, pour profiter des avantages du trôlet à haute tension, il est préférable d'installer sur la voiture un transformateur réducteur. Enfin, pour éviter les pertes dans les rhéostats, il faut disposer sur la voiture un appareil permettant de régler la tension. Pour ces trois raisons, le matériel roulant est plus lourd avec le courant alternatif qu'avec le courant continu.

2° *Difficulté d'exploiter les lignes existantes.* — Toutes les voies interurbaines déjà construites traversent des villes importantes où l'énergie doit leur être fournie par les réseaux de distribution à courant continu déjà installés. Il faut donc que le matériel de traction puisse être alimenté par courant alternatif en dehors des villes et par courant continu à l'intérieur. En premier lieu, il faut que les moteurs s'accommodent de cette substitution : le moteur-série monophasé satisfait à cette exigence; ensuite, il faut disposer sur le véhicule un second système de réglage de tension. (On pourrait, il est vrai, régler la tension par rhéostat en courant alternatif comme en courant continu, mais on perdrait alors un des avantages du courant alternatif, la suppression des pertes dans les rhéostats.) Enfin il faut pouvoir débrancher tous les tranformateurs quand on passe du courant alternatif au courant continu. Au prix de complications assez importantes, tout cela est possible.

3° *Pertes plus grandes dans les rails.* — L'expérience a montré qu'avec les courants alternatifs de 16 à 25 périodes par seconde, la perte dans les rails, pour une intensité donnée, est de trois à cinq fois plus grande que celle qu'occasionnerait un courant continu de même intensité. Mais, grâce à la haute tension d'alimentation, le courant de retour est beaucoup plus faible dans une distribution alternative, de sorte que les pertes de cet ordre peuvent même être moindres avec ce système qu'avec le courant continu.

4° *Self-induction du circuit inducteur.* — L'espace disponible pour les moteurs de traction est très limité. Cet inconvénient, déjà sensible avec les moteurs à courant continu, l'est davantage avec les alternomoteurs, d'abord parce qu'ils sont plus lourds et par suite plus encombrants, puis parce que la force électromotrice de self-induction qui s'établit entre les spires inductrices oblige à les isoler plus soigneusement. Mais, en compensation, on a la ressource de pouvoir alimenter l'alternomoteur à basse tension en installant sur le véhicule un transformateur réducteur : on diminue ainsi le nombre des spires inductrices et l'on a plus de place pour l'isolement.

5° *Influence sur les lignes téléphoniques.* — On s'est demandé si les courants alternatifs retournant par les rails causeraient dans le fonctionnement des téléphones et des appareils du même genre des troubles plus graves que ceux qu'on observe aujourd'hui avec les courants continus. En tout cas, l'intensité du courant de retour peut être abaissée à volonté par l'emploi des hautes tensions, c'est-à-dire qu'on peut réduire autant qu'on veut la cause des troubles considérés. En outre, on a proposé, pour les distributions par courants alternatifs, des systèmes empêchant les courants de retour de quitter leur circuit normal. Il y a donc tout lieu de croire que la transmission par courants alternatifs produira moins de troubles de ce genre que la transmission par courant continu.

En définitive, il faut, pour reconnaître la supériorité de l'un ou l'autre système de traction, les comparer au point de vue économique. L'auteur se propose donc l'exemple d'une ligne interurbaine

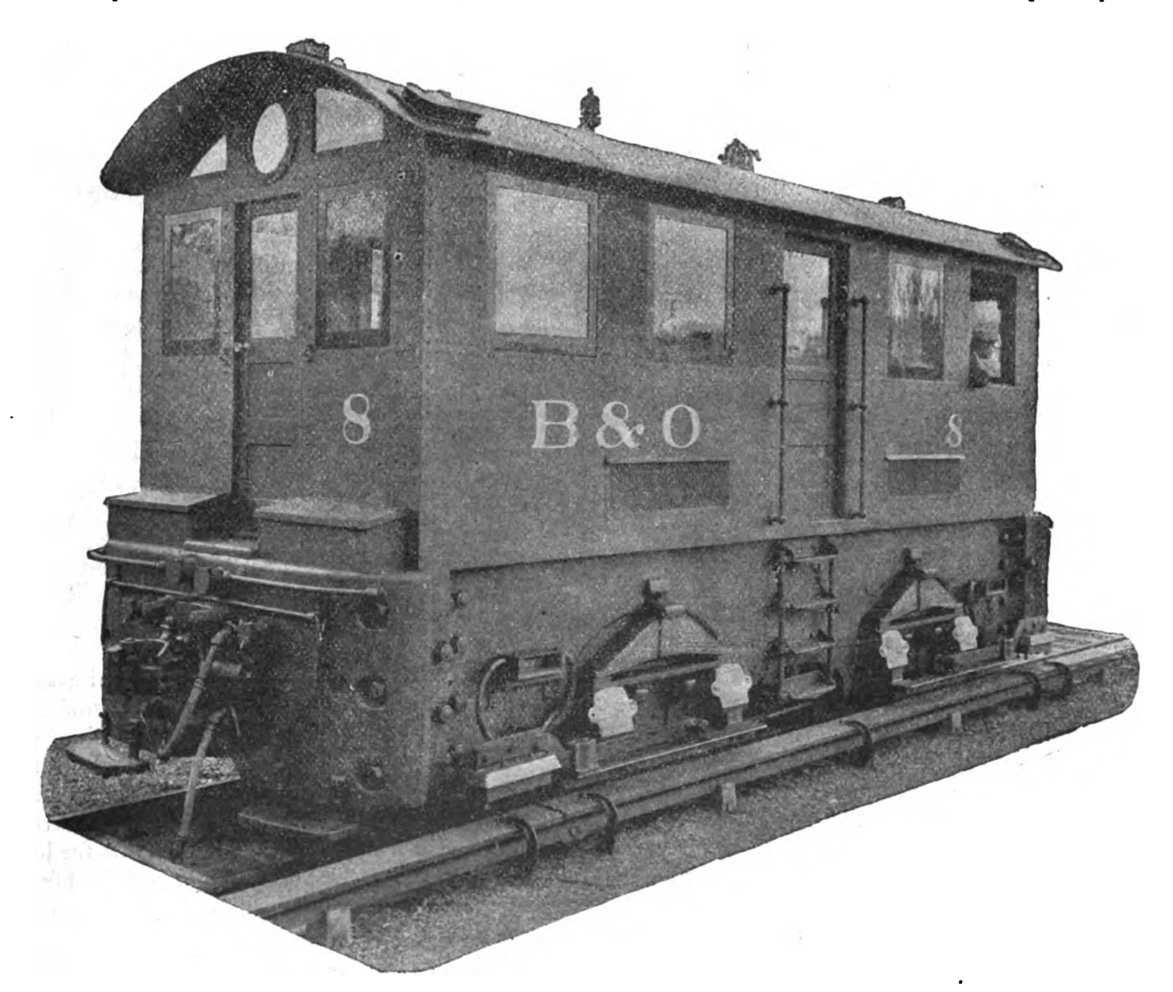
particulière, pour laquelle il évalue les frais de premier établissement et d'exploitation, dans le cas du courant continu (avec ligne primaire à courants triphasés) et dans le cas du courant alternatif monophasé. Il trouve que ce dernier système fait réaliser une économie de 18 pour 100 environ sur les frais de premier établissement et de 8 pour 100 sur les frais d'exploitation. P. L.

Nouvelles locomotives électriques du chemin de fer de Baltimore and Ohio (*Bulletin Thomson Houston*, n° 112, 15 décembre 1903).

La General Electric Company qui, en 1895, avait fourni les premières locomotives électriques destinées au remorquage des trains dans le tunnel de Baltimore ([1]), vient d'en livrer deux nouvelles pesant chacune 150 tonnes.

Ces locomotives, plus puissantes que les anciennes, diffèrent encore de celles-ci par leur construction plus simple et plus économique, ainsi que par la nature des prises de courants, la compagnie ayant remplacé, il y a environ deux ans, le conducteur d'alimentation suspendu à la voûte du tunnel par un troisième rail disposé parallèlement et à faible distance des rails de roulement.

Chaque locomotive est composée de deux unités de 75 tonnes portées chacune par quatre essieux et les deux unités, pouvant être accouplées, donnent un poids total de 150 tonnes, le tout porté par huit



essieux moteurs : on peut d'ailleurs réunir une troisième ou une quatrième unité de 75 tonnes; la figure ci-contre donne la vue d'une unité.

Les trains à remorquer sont de 1600 tonnes non compris la locomotive, et la vitesse doit pouvoir atteindre 16 kilomètres à l'heure sur rampes de 0,8 à 1 pour 100, et 14 kilomètres à l'heure sur rampes de 1,5, la tension étant de 625 volts.

([1]) *Écl. élect.*, t. IV, p. 299, 12 avril 1895.

2...

Dans les conditions normales de fonctionnement, les moteurs ont une puissance suffisante pour assurer un aller et retour toutes les heures et pour utiliser au démarrage tout le poids adhérent total du tracteur.

L'équipement comporte, pour chaque tracteur, 4 moteurs GE-65 d'une puissance d'environ 225 chevaux, enroulés spécialement pour donner de faibles vitesses. Les quatre moteurs d'un tracteur représentent donc une puissance de 900 chevaux, et la locomotive, avec sa constitution actuelle, c'est-à-dire avec deux tracteurs, dispose de 1800 chevaux.

La caisse est supportée par une carcasse rectangulaire composée de 4 pièces en acier coulé : 2 longerons et 2 traverses extrêmes; des traverses intermédiaires servent d'ailleurs à supporter les moteurs.

Les pièces extrêmes forment tampons et portent les crochets d'attelage. Les pièces latérales sont évidées et munies de glissières pour les boîtes à graisse.

Le châssis de chaque tracteur est porté par quatre grands ressorts demi-elliptiques, et les extrémités de chaque ressort reposent sur une barre d'égalisation portée par les boîtes à graisse, par l'intermédiaire de plaques démontables qu'on peut remplacer en cas d'usure.

Les boîtes à graisse sont du modèle ordinaire, mais de plus grandes dimensions.

Il est facile d'en retirer les coussinets; et, après l'enlèvement des plaques démontables dont nous avons parlé, on peut retirer une boîte à graisse tout entière sans toucher aux roues, aux essieux ou aux autres organes du tracteur.

Afin que la locomotive puisse franchir facilement les courbes, on a admis un jeu latéral considérable dans les boîtes à graisse. Les roues, les essieux ou les moteurs sont montés de manière à permettre un démontage ou une visite facile après mise sur fosse ou après levage de la locomotive.

Les huit roues de chaque tracteur sont à rayons avec bandage rapporté en acier.

Les essieux sont en acier forgé; leur diamètre à l'intérieur des roues est d'environ 200^{mm}. Les coussinets des moteurs ont le même diamètre et les fusées des boîtes à graisse ont un diamètre de 152^{mm} et une longueur de 305^{mm}.

Le plancher de la locomotive repose directement sur le châssis. Il est fait en bois de pin et, sous le plancher, un homme peut facilement pénétrer pour examiner, en cas de besoin, les moteurs et les engrenages.

Ainsi qu'on le voit sur la figure, chaque tracteur présente une porte d'entrée de chaque côté et une porte à chaque extrémité, de sorte qu'on peut, si les deux tracteurs sont accouplés, passer facilement de l'un à l'autre.

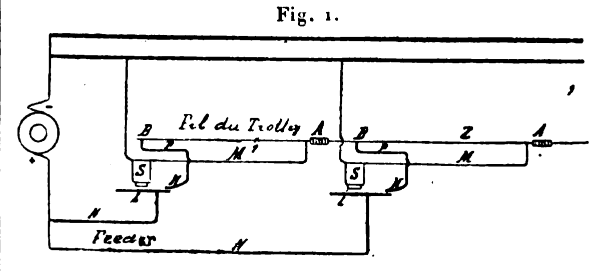
Cette locomotive est munie des contacteurs à « Unités multiples du système Thomson Houston » pour commander soit l'un des tracteurs indépendamment, soit deux ou plusieurs tracteurs associés. Le contrôleur principal, les robinets de mécanicien, etc., sont en double et les appareils essentiels forment des groupements placés aux extrémités diagonalement opposées de chaque tracteur, de sorte que le conducteur peut toujours se placer vers la partie avant de la locomotive par rapport au sens de marche.

Chaque tracteur comporte encore tous les accessoires nécessaires pour un service de chemin de fer, notamment : une cloche, un sifflet, deux fanaux, un équipement de frein à air, deux robinets de mécanicien, les réservoirs d'air nécessaires, les coupleurs, une barre d'attelage et une sablière « Leach » à air comprimé.

Dispositifs de sûreté pour lignes de tramways à trôlet, par S.-G. GAI. (*L'Elettricista,* t. XII, p. 291, décembre 1903.)

L'auteur propose, pour éviter les accidents qui peuvent résulter de la rupture des fils de trôlet, un appareil assez simple qui coupe le courant dans toute la région dangereuse. La figure 1 représente

Fig. 1.



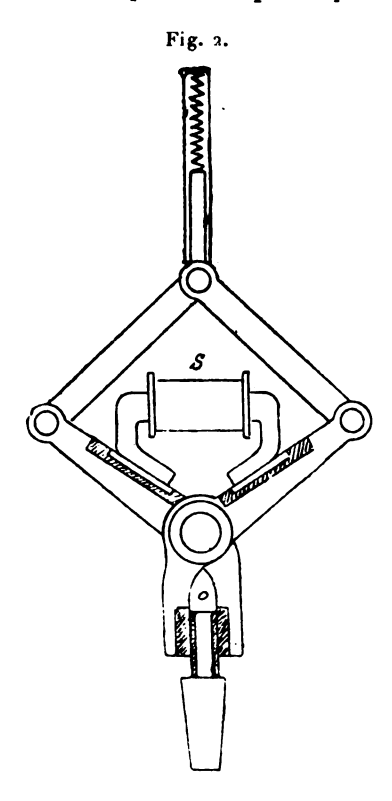
la disposition schématique de la ligne qui est partagée en régions AA, indépendantes et isolées les unes des autres par les joints A. Au voisinage de chaque joint, une dérivation conduit le courant à un disjoncteur placé à l'autre extrémité B de la section considérée du trôlet; le courant traverse l'électro S et arrive au rail conducteur. Le feeder N qui alimente la section est relié à la branche mobile L, et atteint, par le contact fixe H, le point B du trôlet.

La disposition n'est pas essentiellement changée si, pour l'égalisation de la tension, il faut placer l'attache du fil en A ou en un point quelconque Z plutôt qu'en B. Dans ce dernier cas, on emploiera deux électro-aimants fonctionnant différentiellement dans l'interrupteur ou bien un seul enroulement divisé en deux parties qui engendrent les mêmes

pôles et correspondent chacune à une partie de la section.

Si le fil est rompu en un point quelconque 1,

Fig. 2.



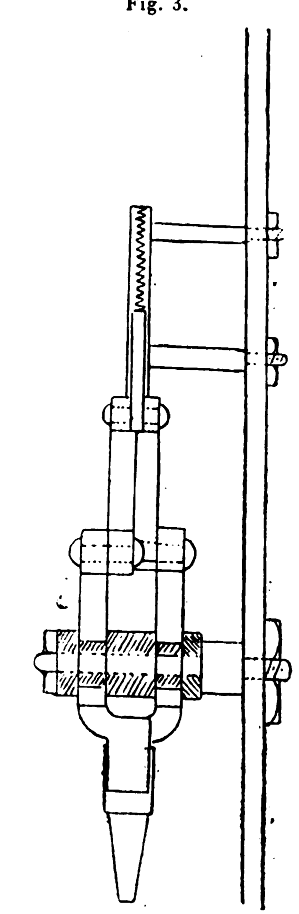
l'électro S n'étant plus excité par le courant qui va du point A par la bobine au troisième rail, lâche la la branche H de l'interrupteur, le contrepoids tombe et le courant est coupé.

Les interrupteurs proposés par l'auteur sont dits *à gravité*; ils se composent d'un petit nombre de pièces d'une grande robustesse et n'exigent aucun réglage. L'interrupteur représenté par les figures 2 et 3 peut être employé sur les lignes où les prises de courant sont à grande distance. Une pièce de métal ayant le centre de gravité très bas est serrée par les branches d'une pince qui forment les prolongements de deux côtés d'un parallélogramme (sorte de tenaille de tréfilerie). Un électro, placé au centre, agit sur ces deux côtés et maintient la pression qui soutient la pièce de métal servant au passage direct du courant. Dès que l'action du courant cesse, la pièce tombe, par son propre poids, à la moindre ouverture de la pince.

Dans ce système, à la fin du service, tous les interrupteurs sont mis hors d'action; on conçoit qu'avec une disposition simple on puisse les remettre en service.

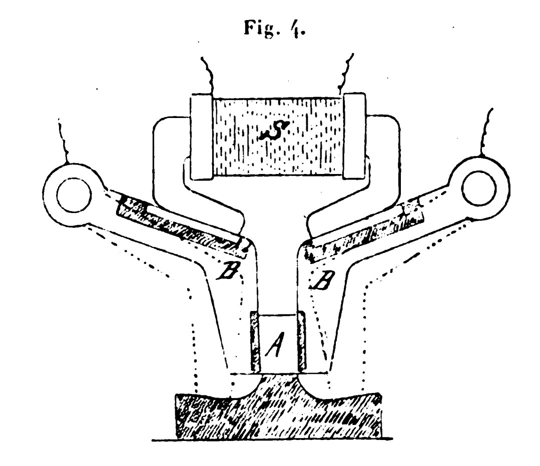
Le deuxième type d'interrupteur est représenté par la figure 4, et son emploi se fera de préférence sur les lignes à prises de courant rapprochées. Une

Fig. 3.



pièce métallique A, fixe sur sa base, est serrée entre

Fig. 4.



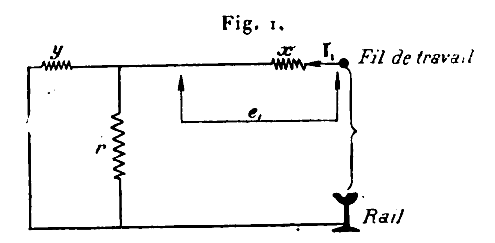
les deux branches BB qui forment pince. Un fort électro S, agissant sur ces branches, maintient

la pression entre les pièces BAB qui servent au passage du courant. Lorsque l'action de l'électro S cesse, les deux bras B tombent par l'effet de leur poids et interrompent instantanément le circuit. Si le courant circule à nouveau, l'électro attire les branches BB et rétablit la circulation. G. G.

Mesure de l'isolement du fil de travail dans les lignes de traction, par H.-A. MORK. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 6, 7 janvier 1903.)

Pour mesurer l'isolement du fil de travail, l'auteur emploie couramment la méthode suivante dont le principe et le dispositif pratique sont indiqués dans les figures 1 et 2. Désignons par x et y les valeurs

Fig. 1.



respectives en ohms de l'isolement entre le fil de travail et le fil transversal d'une part, le fil transversal et le poteau d'autre part. La résistance r étant d'abord enlevée, on intercale un voltmètre en dérivation entre le fil de travail et le fil transversal; soit e_1 la déviation observée; on intercale ensuite le voltmètre entre le fil de travail et le rail de retour; soit E_1 la déviation observée dans ce second cas. On a les deux relations :

$$e_1 = I_1 x, \qquad E_1 = I_1(x + y);$$

d'où

$$E_1 = \frac{e_1}{x}(x + y).$$

On répète les mêmes mesures en introduisant la résistance connue r en parallèle avec y. Soient e_2 et E_2 les déviations correspondantes du voltmètre; on a encore :

$$e_2 = I_2 x, \qquad E_2 = I_2\left(x + \frac{ry}{r + y}\right);$$

d'où

$$E_2 = \frac{e_2}{x}\left(x + \frac{ry}{r + y}\right).$$

Les valeurs de x et y sont, en posant $E_1 = E_2 = E$, tension du réseau :

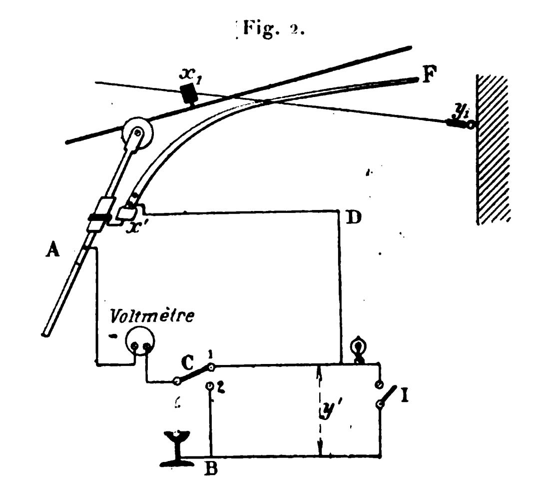
(1) $$x = \frac{E r (e_2 - e_1)}{(E - e_1)(E - e_2)},$$

(2) $$y = \frac{E r (e_2 - e_1)}{e_1(E - e_2)}.$$

Dans la pratique, on réalisera facilement ces essais en adaptant à la perche du trôlet, par l'intermédiaire d'un manchon isolant, un ressort plat F de longueur appropriée pour permettre un contact assez prolongé avec le fil de suspension au moment du passage de la voiture.

L'ensemble des connexions est représenté en figure 2. Le voltmètre, le commutateur C, l'interrup-

Fig. 2.



teur I sont placés à l'intérieur de l'automotrice. Les résistances de réglage seront constituées par des lampes à incandescence en nombre tel qu'elles puissent supporter toute la charge du réseau dans le cas où l'on aurait $x = 0$. Le circuit $Fx'DC_1A$ correspond au premier cas théorique; en poussant la manette du commutateur C en 2, on a le deuxième montage AC_2B. Avec une canne de contact, on relèvera, entre A et B, un certain nombre de tensions dont la moyenne sera prise pour la valeur de E.

On pourrait reprocher à cette méthode de faire intervenir deux nouvelles résistances d'isolement x' et y' en parallèle avec les premières; il est facile de les évaluer par le même procédé, quand le ressort F n'est plus en prise avec le fil de suspension. On a alors à considérer les deux circuits $x'DC_1A$ et AC_1IB. Si les valeurs ainsi trouvées pour x' et y' sont très grandes, il n'y aura aucune correction à faire; sinon, les résistances vraies d'isolement x_1 et y_1 se calculeront par les formules

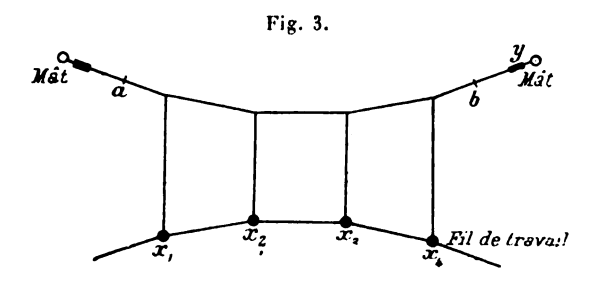
$$x_1 = \frac{xx'}{x' + x} \qquad \text{et} \qquad y_1 = \frac{yy'}{y' + y},$$

où x et x', y et y' sont données respectivement par les expressions 1 et 2.

Dans les courbes et les croisements l'isolement est moins bon, parce que la pratique moderne tend vers l'emploi des isolateurs en parallèle au lieu du système en série. La figure 3 est un exemple de

quatre isolateurs x en parallèle et de deux isolateurs y en parallèle également. On aurait obtenu un résultat aussi bon, au point de vue de l'isolement, tout en étant moins dispendieux, en substituant à x_1, x_2, x_3 et x_4 de simples attaches métalliques,

Fig. 3.



et mettant deux isolateurs a et b en série avec y; car si Z représente la valeur en ohms de la résistance d'un isolateur, on aura pour l'isolement total :

Dans le premier cas

$$\frac{Z}{4} + \frac{Z}{2} = \frac{3}{4} Z;$$

dans le second cas

$$\frac{2Z}{2} = Z.$$

A titre de comparaison, l'auteur cite les résultats d'essais faits sur une installation où les résistances x et y étaient constituées chacune par deux isolateurs. Les mesures exécutées d'après l'ancien procédé lui ont donné 0,5 volt entre le fil de travail et le fil de suspension, et à peu près le même nombre pour la différence de potentiel entre le fil de suspension et la terre. Les deux isolateurs semblaient donc de valeur identique; mais en leur appliquant le procédé décrit ci-dessus, avec une résistance $r = 1650$ ohms fournis par 5 lampes, on a trouvé respectivement pour ces tensions :

$$E = 525, \quad e_1 = 0,5 \quad \text{et} \quad e' = 495 \text{ volts},$$

d'où le rapport $\frac{x}{y} = \frac{1}{1000}$ environ. L'isolement de l'une des paires de cloches était donc 1000 fois plus grand que l'autre ($x = 0,027$ et $y = 28,6$ mégohms).

B. K.

La traction électrique sur les canaux. (*American Electrician*, t. XV, p. 584-586, décembre 1903.)

Il n'existe aux États-Unis qu'une seule entreprise de traction électrique sur canaux, celle de la *Miami and Erie Canal Transportation Company*. Le canal qu'elle exploite met en communication le lac Erié avec la rivière Miami, affluent de l'Ohio; la distance entre les villes de Toledo et de Cincinnati, situées à ses deux extrémités, est de 390^{km}, mais on n'exploite encore actuellement que la section comprise entre Cincinnati et Dayton, longue de 67^{km}. Depuis 1877, la navigation était abandonnée sur ce canal. La compagnie possède sept locomotives Westinghouse-Baldwin et une flotte de vingt bateaux.

On a construit sur le chemin de halage une voie de largeur normale dont les rails pèsent 32^{kg} au mètre. Au passage sous les ponts, qui sont très nombreux et dont beaucoup ne pouvaient être surélevés, on abaisse le niveau de la voie en la protégeant par un mur en béton construit entre elle et le canal. Entre le bord de l'eau et la ligne médiane de la voie, l'écartement moyen est de 1^{m},80. En dehors des villes, la courbure maxima de la voie est de 25° et son inclinaison maxima de 2 pour 100. Le canal a une profondeur de 1^{m},20, une largeur de 7^{m},30 au fond et de 12^{m} à la ligne d'eau. La vitesse des bateaux ne doit pas dépasser 6^{km},4 à l'heure. Jusqu'ici on ne remorque pas plus de cinq bateaux ensemble, mais on pourrait aller au besoin jusqu'à dix.

La nature exceptionnelle d'un tel service a permis aux ingénieurs d'appliquer un système de distribution assez rare. Il s'agit ici d'une transmission de puissance à longue distance par ligne unique, et la charge se compose d'un petit nombre de trains lourds, que les conditions du trafic peuvent resserrer dans un faible espace. La puissance absorbée par chacune de ces unités est régulière et continue, de sorte que toutes les conditions favorisent l'emploi de moteurs à courant alternatif, alimentés par l'intermédiaire d'un trôlet aérien à haute tension et de transformateurs statiques placés sur les locomotives. Les arrêts sont rares et les démarrages doivent être lents, ce qui donne l'avantage aux moteurs asynchrones. On a donc muni les locomotives de moteurs asynchrones triphasés, alimentés par deux trôlets aériens et par les rails de roulement.

La compagnie n'a pas eu à construire d'usine génératrice, car il en existe déjà plusieurs à proximité du canal. Le courant nécessaire à la section qu'on exploite actuellement est fourni par la *Cincinnati Gas and Electric Company*. L'énergie, sous forme de courants triphasés à 4200 volts et 60 périodes, est transmise par la ligne de la *Transportation Company* à une sous-station distante de 8^{km}, où se trouvent trois transformateurs de 150 kilowatts, dont l'un sert de réserve. Ces transformateurs alimentent à 390 volts un moteur de 450 chevaux, accouplé à un alternateur triphasé de 300 kilowatts (390 volts et 25 périodes). Un moteur de 40 chevaux, actionnant l'arbre par courroie, sert au démarrage. L'alternateur est relié d'une part à la section de la ligne comprise dans Cincinnati,

qu'il alimente directement, d'autre part à trois transformateurs de 250 kilowatts qui élèvent la tension à 33 000 volts, et d'où le courant est transmis à quatre sous-stations échelonnées à des intervalles d'environ 20^{km} sur la section Cincinnati-Dayton. On emploie pour cette transmission des câbles en aluminium. Chaque sous-station renferme trois transformateurs de 150 kilowatts qui abaissent la tension à 1170 volts. Les fils de trôlet sont en cuivre. Sur les sections alimentées à 1170 volts, on n'emploie pas de feeders, mais, sur la section de Cincinnati, un câble d'aluminium est en parallèle avec chaque fil de trôlet sur une distance de 10^{km}.

Les locomotives sont du type à quatre roues employé dans les mines et pèsent environ 25^t. Chacune est munie de deux moteurs asynchrones de 80 chevaux, avec double réduction de vitesse, et de trois transformateurs.

Les bateaux ont les dimensions suivantes : longueur, 24^m; largeur, 4^m; profondeur, 2^m,7. Ils peuvent porter 66^t avec un tirant d'eau de 0^m,90, mais, vu l'état actuel du canal, on ne dépasse pas un tirant d'eau de 0^m,75, ce qui réduit la charge à 50^t.

Le principal intérêt de cette entreprise, c'est qu'elle est le premier exemple, aux États-Unis, de l'application des alternomoteurs à la traction.

P. L.

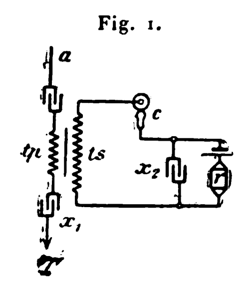
TÉLÉGRAPHIE.

Télégraphie sans fil, système Lodge-Muirhead. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIV, p. 570.)

D'après une Communication de H.-C. Marillier publiée dans le numéro du 27 mars de *Electrician*, Sir Oliver Lodge et le Dr Muirhead ont présenté l'hiver dernier, à un grand nombre de spécialistes et de représentants de la presse, leur système de télégraphie sans fil dans sa forme la plus perfectionnée. Ces expériences ont eu lieu à terre, à une distance de 3^{km},61 ; de bons résultats pratiques avaient été obtenus précédemment avec le même système jusqu'à 100^{km}, entre une station d'essai située près de Holyhead et un vapeur de la Johnston line à son voyage de Liverpool en Amérique.

Dans les nouveaux appareils, les dispositions de principe qui font l'objet des premiers brevets de 1897 ont été conservées en grande partie. En particulier, aux postes transmetteur et récepteur, sont utilisées des capacités et des self-inductions réglables permettant d'obtenir la syntonisation des postes. De même, les auteurs ont maintenu l'usage d'un transformateur ou d'une bobine sans fer dans le circuit récepteur, et celui d'un condensateur en dérivation sur le circuit du cohéreur (*fig.* 1 et 2).

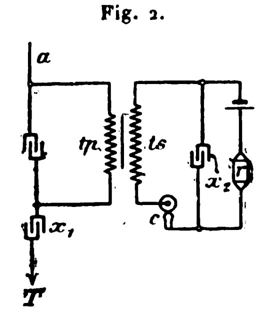
Fig. 1.



Circuit récepteur ouvert.

Toutefois, pour simplifier les appareils en même temps que pour augmenter leur puissance et leur sécurité, MM. Lodge et Muirhead ont apporté à

Fig. 2.



Circuit récepteur fermé.

leurs premiers dispositifs une série d'améliorations dont la plus importante est l'emploi d'un nouveau cohéreur.

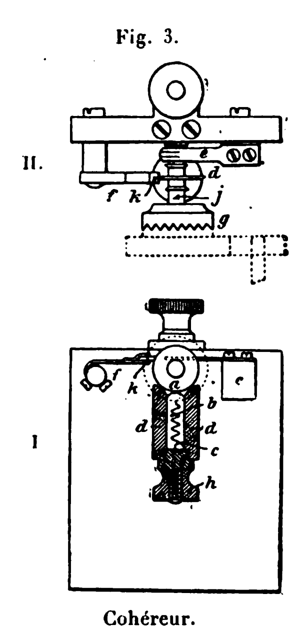
Jusqu'à ces derniers temps, les auteurs avaient employé un cohéreur à limaille avec frappeur. Mais les inconvénients sérieux liés à l'emploi du frappeur, et notamment la difficulté d'obtenir et de maintenir le réglage, ont conduit les inventeurs à rechercher un nouveau cohéreur revenant de lui-même à l'état normal après le passage des ondes.

La figure 3 représente le cohéreur employé actuellement.

Un petit disque d'acier *a* tourne au-dessus d'une colonne de mercure *b* placée dans un vase *d* ; le disque et le mercure ne sont séparés l'un de l'autre que par une mince couche d'huile minérale. Une spirale de platine amalgamé *c*, formant l'un des pôles du cohéreur, est plongée dans le mercure et reliée métalliquement à la vis *h*. Une brosse en cuivre *e* relie le disque à l'axe *j* qui représente le second pôle du cohéreur. *f* est un ressort muni à son extrémité d'un petit coussin de feutre qui appuie légèrement sur le bord du disque et maintient celui-ci propre et exempt de toute poussière avant et après le contact. *g* sont des roues d'ébonite accouplant le

disque avec le mécanisme d'horlogerie qui met en

Fig. 3.



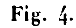
Cohéreur.
I. Coupe transversale. — II. Plan.

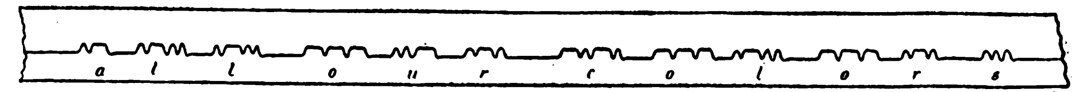
mouvement l'appareil enregistreur du récepteur, un siphon recorder.

Le disque a un mouvement de rotation continu. Si des oscillations électriques atteignent le cohéreur, la couche isolante entre le disque et la colonne de mercure est rompue, et une liaison momentanée se trouve établie entre les deux pôles du cohéreur qui devient conducteur. Pour donner à ce cohéreur une grande sensibilité, on le relie à un potentiomètre qui établit entre ses pôles une tension de 0,03 à 0,5 volt; le pôle positif est au disque d'acier, le pôle négatif au mercure. A l'état de repos aucun courant ne passse par le cohéreur. Mais le moindre changement de la tension, moins de 1 volt, du fait du passage des ondes, suffit pour percer la couche d'huile et rendre le cohéreur conducteur. Cet état conducteur cesse d'ailleurs immédiatement grâce à la rotation du disque. La décohésion se produit assez rapidement pour que les signes puissent être reçus distinctement tout en se succédant très rapidement.

Le cohéreur est renfermé dans une caisse métallique qui le préserve des troubles extérieurs; il est relié à un dispositif qui le met en court-circuit automatiquement lorsqu'on passe de la position de réception à celle de transmission.

L'appareil récepteur *r*, un siphon recorder, est relié immédiatement au cohéreur, sans relais ni frappeur (*fig.* 1 et 2).

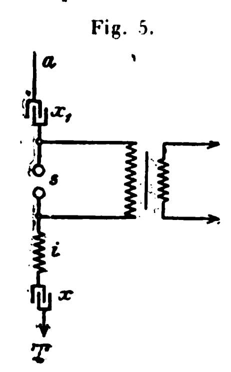

Fig. 4.



Reproduction d'un fragment de télégramme (environ 15 mots à la minute).

La figure 4 reproduit un télégramme reçu au moyen de cet appareil. Au poste transmetteur, le circuit oscillatoire peut être ouvert (*fig.* 5) ou

Fig. 5.

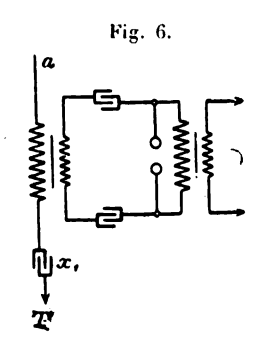


Circuit transmetteur ouvert.

fermé (*fig.* 6). Comme générateur, on emploie une bobine de Rhumkorff qui, pour les grandes distances, est remplacée par une machine à courants alternatifs.

Les signes télégraphiques sont produits par le mouvement d'une clef Morse de forme particulière.

Fig. 6.



Circuit transmetteur fermé.

Le mouvement de cette clef met en jeu, dans le circuit primaire de la bobine, un interrupteur à mercure spécial qui peut produire environ 600 interruptions à la minute. J. Reyval.

ÉCLAIRAGE.

Sur la lampe à osmium.

(*L'Elettricista*, t. XII, p. 285, décembre 1903.)

Le professeur Lombardi, s'appuyant sur la théorie des corps incandescents exposée par H.-F. Weber dans le Mémoire maintenant classique qui fut lu au Congrès international de Francfort en 1891, a étudié la lampe à osmium et obtenu les résultats suivants :

La température absolue en fonctionnement normal du filament de la lampe à osmium est comprise entre 1430° et 1440°, c'est-à-dire qu'elle est d'une centaine de degrés inférieure à celle du filament de carbone que Weber a constaté varier de 1565° à 1580°. Comme la dépense de la lampe à osmium est cependant bien inférieure à celle de la lampe à carbone, la cause doit être dans la grandeur des paramètres qui caractérisent, pour chaque corps, les phénomènes de radiation.

L'étude de M. Lombardi confirme les principales conclusions de la théorie de Weber en montrant qu'elle est applicable à des corps incandescents bien divers de ceux étudiés par lui.

Les propriétés principales du filament d'osmium peuvent être dues en partie aux corps radiants qui lui sont mélangés. A ce point de vue, la recherche d'autres substances, jouissant de propriétés analogues et pouvant être obtenues à prix moins élevé, pourrait conduire à de nouveaux perfectionnements dans les lampes.

A 1400°, le filament d'osmium commence à devenir très flexible ; à 1500°, il subit des altérations visibles.

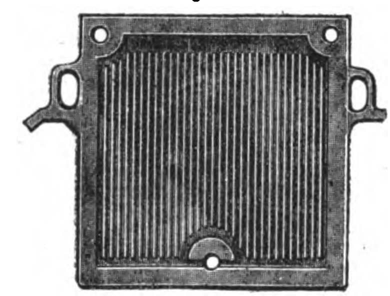
G. G.

ÉLECTROCHIMIE.

Dispositifs pour l'électrolyse de l'eau, par L TIERSOT. (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. X p. 183.)

L'auteur décrit l'appareil de la maison Siemens et Halske et de la fabrique d'Œrlikon.

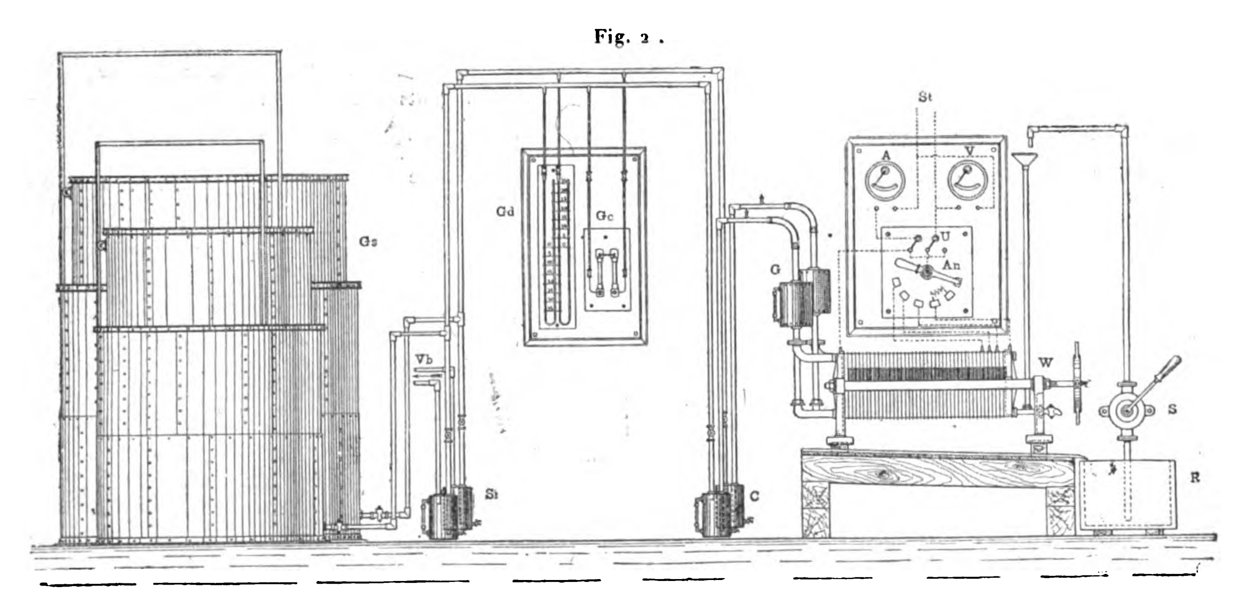
Fig. 1.



Électrode.

Les électrolyseurs consistent en un certain nombre de chambres.

Fig. 2.



Représentation schématique d'une installation pour électrolyse de l'eau.

Les électrodes (*fig.* 1) sont des plaques de fonte isolées par des parois de séparation qui servent en même temps à rendre les chambres hermétiques. Les gaz formés à la surface des électrodes se dégagent par des ouvertures pratiquées dans les plaques. Ces ouvertures sont réunies à deux canaux

latéraux qui conduisent les gaz aux séparateurs. Là s'effectue complètement la séparation du liquide et des gaz.

L'électrolyte consiste en une solution de carbonate de potassium à 10 pour 100, dans l'eau distillée. Il suffit de remplacer, par de l'eau distillée, l'eau décomposée. Avec la construction ordinairement employée, on obtient les gaz sous pression constante qui peut atteindre jusque $2^{m},5$ d'eau. Le nettoyage est simple et rapide; il suffit de le faire toutes les 8 semaines.

Les électrolyseurs décomposent 134^{g} d'eau par kilowatt-heure et fournissent ainsi 168^{l} d'hydrogène et 84^{l} d'oxygène. La production par kilowatt-heure s'élève de 8 pour 100 en travaillant à chaud.

Comme pureté, on obtient l'oxygène à 97 pour 100; le reste est un mélange d'hydrogène et d'une petite quantité d'oxyde de carbone.

L'hydrogène renferme environ 1 pour 100 d'oxygène.

La tension de décomposition atteint environ 2,7 volts par chambre; elle baisse à 2,3 volts par l'échauffement. La température maxima atteint 60°C.

Comme le montre la figure 2, l'installation comporte un Tableau de distribution avec ampèremètre A, voltmètre V, commutateur U, réducteur An; St est l'arrivée des conducteurs. L'électrolyseur W est isolé du sol. Son alimentation se fait par la pompe S. A leur sortie de l'électrolyseur, les gaz passent dans les appareils G, séparateurs du liquide et des gaz, puis dans les épurateurs C et, de là, aux gazomètres Gs. L'eau entraînée se condense dans les appareils Si à fermeture hydraulique; Vb sont les conduites d'évacuation. L'installation est complétée par les manomètres à eau Gd et par les appareils Gc qui servent à contrôler la pureté des gaz. L. J.

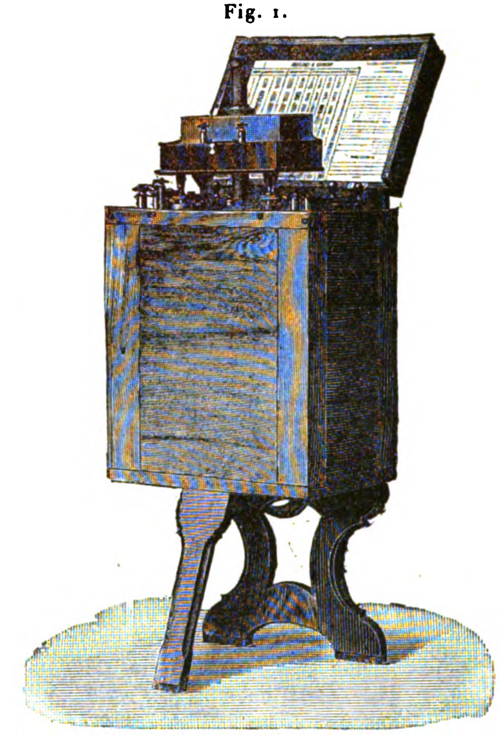
MESURES.

Appareil transportable Siemens et Halske pour mesures de canalisations. (Communiqué de la Siemens et Halske Aktiengesellschaft.)

Cet appareil permet d'effectuer très rapidement, et avec une précision très suffisante pour la pratique, les mesures d'isolement, de capacité, de résistance, ainsi que la recherche des défauts d'isolement; les mesures de résistance peuvent être faites entre les limites de 0,1 ohm à 1000 mégohms; celles de capacité entre 0,005 et 3 microfarads; les défauts peuvent être déterminés dans les lignes ayant de 0,5 à 1000 ohms de résistance.

L'appareil comprend divers commutateurs, deux réducteurs de tensions, des résistances et des shunts, fixés à un plateau d'ébonite; une batterie de 106 éléments secs; enfin, un galvanomètre genre Desprez-d'Arsonval. Celui-ci est porté à la main dans un écrin spécial; les autres instruments et les piles sont enfermés dans un coffre qui peut être facilement transporté à dos d'homme; un compartiment du coffre contient les outils et accessoires indispensables. Pour les mesures, le coffre est placé à terre sur trois pieds dont un se relève pour la commodité du transport; sur le plateau, qu'on règle bien horizontalement au moyen d'un niveau d'eau, on fixe le galvanomètre au moyen de ses vis calantes qui s'engagent dans trois rondelles de laiton et dont deux servent aux connexions. La figure 1 donne une vue de l'appareil prêt pour les mesures.

Fig. 1.



Vue d'ensemble de l'appareil.

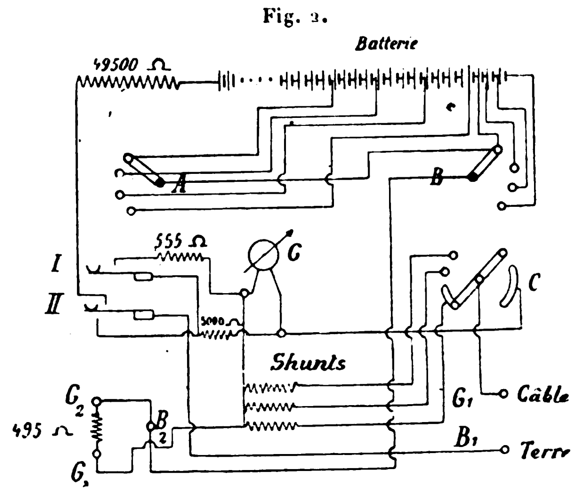
Les éléments de la batterie, rangés sur deux planchettes superposées, sont connectés entre eux et au plateau par des frotteurs faisant ressort et des pièces de contact; une résistance de 49500 ohms, affectant la forme extérieure de deux éléments, est constamment en série avec la batterie; quinze des éléments forment trois groupes de quatre éléments reliés à un réducteur de tension disposé dans un des coins du plateau, de trois groupes d'un seul élément reliés à un second réducteur de tension. Dans ces conditions, on peut, malgré la baisse de tension des

éléments avec le temps, régler la tension totale à 130 volts à 1 pour 100 près.

Le galvanomètre est pourvu d'une double graduation, l'une en volts, l'autre en mégohms; la graduation en volts porte 200 divisions.

La figure 2 indique les connexions des différentes

Fig. 2.



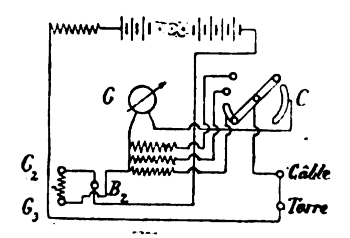
pièces. A et B sont les réducteurs dont il est parlé plus haut; G est le voltmètre qui peut être relié par l'intermédiaire du commutateur C à trois shunts différents; I et II sont deux touches pour les mesures de capacité; les bornes G_1 *Câble* et B_1 *Terre* sont employées pour les mesures d'isolement et de capacité; les bornes G_2 et G_3 ne servent qu'aux mesures de résistance et à la détermination des défauts dans les lignes. G_2 et B_2 sont, en général, reliées par une bride; si l'on enlève cette bride, on a : entre G_1 et G_2, le voltmètre avec ses shunts; entre B_1 et B_2; la batterie avec résistance additionnelle. Le voltmètre et la batterie peuvent être employés pour d'autres usages; par exemple, en communication avec une résistance universelle; l'étendue de mesure du voltmètre est, dans ce cas, de 0 à 0,02 volt. Entre G_2 et G_3, une résistance est simplement intercalée.

Dans le couvercle du dispositif transportable se trouve une courte Notice sur le mode d'emploi avec un Tableau pour la tension normale de 130 volts. Si la batterie de mesure n'a pas cette tension, les valeurs peuvent être calculées à l'aide des formules indiquées.

La première opération à effectuer avant toute mesure consiste à mesurer et à régler la tension de la batterie.

Les bornes B_1 et G_1 doivent alors être mises en court-circuit (*fig.* 3) à l'aide de la bride jointe à l'appareil ou à l'aide d'un fil de cuivre, et le commutateur C est amené sur le plot $\frac{1}{100}$; le voltmètre donnera une déviation, et on lira directement la tension sur la graduation 0 — 200. Si la tension n'est pas de 130 volts, on ajoute ou l'on retranche des éléments à l'aide des réducteurs A et B; avec le réducteur A, la tension varie d'environ 6 volts par

Fig. 3.



Mesure de la tension de la batterie.

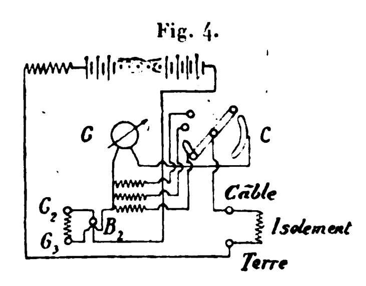
plot, et, avec le commutateur B, de 1,5 volt environ. Il faut éviter d'amener le commutateur C sur la sensibilité $\frac{1}{10}$ ou $\frac{1}{1}$, car, sans cela, l'aiguille viendrait buter violemment contre l'arrêt à l'extrémité de l'échelle, et l'instrument pourrait en souffrir. Dans toutes les mesures qui suivent il faut laisser les réducteurs à la position qu'on leur a donnée en réglant la tension. En amenant le commutateur C sur le plot zéro, on retire le voltmètre du circuit; la batterie, par contre, reste fermée sur 50000 ohms aussi longtemps que la bride placée entre *Câble* et *Terre* n'aura pas été enlevée; on ne peut, d'ailleurs, fermer le couvercle de l'appareil que si cette bride est enlevée. Si l'on veut, pour une raison quelconque, mesurer la tension de la batterie avec un autre voltmètre, on le relie aux bornes B_1 et B_2, mais il ne faut pas oublier qu'il y a toujours 49500 ohms intercalés en série avec la batterie. Si R représente la résistance de ce voltmètre et E volts la lecture faite, la tension V de la batterie sera égale à

$$V = E\frac{R + 49500}{R}.$$

Mesures d'isolement ou de grande résistance. — Le câble dont on veut mesurer l'isolement à la terre est à relier à la borne *Câble* et la borne *Terre* à la terre; si l'on veut mesurer une autre résistance élevée, on l'intercale également entre ces deux bornes (voir *fig.* 4). A l'aide du commutateur C, on intercale le voltmètre; si la déviation est trop faible à la sensibilité de $\frac{1}{100}$, on passe à celle de $\frac{1}{10}$; si la déviation est encore trop petite, on amène le commutateur sur la sensibilité $\frac{1}{1}$. Il est indispensable de se rendre compte, dans chaque cas, de la déviation avant de passer à la sensibilité supérieure. Comme il faut nécessairement intercaler d'abord la sensibilité la plus faible pour arriver aux sensibilités supérieures, on ne risque pas de détériorer le

voltmètre lorsqu'on ne connaît pas l'ordre de grandeur de l'isolement. A la plus haute sensibilité (plot $\frac{1}{1}$) la valeur de l'isolement est indiquée direc-

Fig. 4.



Mesure de l'isolement ou d'une très grande résistance.

tement en mégohms sur l'échelle supérieure, à condition que la tension de mesure ait été réglée, au préalable, à 130 volts. A la sensibilité $\frac{1}{10}$, la résistance est égale à

$$R = \frac{1}{10} R_1 - 45000 \text{ ohms},$$

R_1 étant la résistance lue sur l'appareil. A la sensibilité $\frac{1}{100}$, la résistance est égale à

$$R = \frac{1}{100} R_2 - 49500 \text{ ohms},$$

R_2 étant la résistance lue sur l'appareil.

Si on lit la déviation, non pas sur l'échelle des ohms, mais sur l'échelle inférieure des volts, on a : pour la sensibilité $\frac{1}{1}$,

$$W = 50000\left(\frac{100.V}{\alpha} - 1\right);$$

pour la sensibilité $\frac{1}{10}$,

$$W = 50000\left(\frac{10.V}{\alpha_1} - 1\right);$$

pour la sensibilité $\frac{1}{100}$,

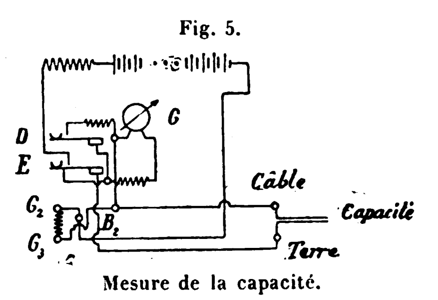
$$W = 50000\left(\frac{V}{\alpha_2} - 1\right),$$

V étant la tension de mesure, et α, α_1 et α_2 représentant la déviation lue dans les trois cas sur l'échelle des volts. Si l'on a réglé $V = 130$ volts, les valeurs de l'isolement pour les sensibilités $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{100}$ sont indiquées sur le Tableau du couvercle sans aucun calcul. D'après les déviations indiquées sur le Tableau, on peut obtenir facilement les résultats par interpolation à 1 pour 100 près.

Mesures de capacité. — Pour mesurer la capacité d'un câble, les bornes *Câble* et *Terre* sont à relier respectivement à l'âme du câble et à la terre; si l'on veut mesurer non pas la capacité d'un câble par rapport à la terre, mais la capacité entre deux autres conducteurs (les armatures d'un condensateur par exemple), il faut relier ces deux armatures aux bornes *Câble* et *Terre*.

Le commutateur C reste dans la position zéro; le câble se charge négativement pendant que le pôle positif de la batterie est à la terre. Si l'on abaisse ensuite la touche E (*fig.* 5), le pôle positif de la

Fig. 5.



Mesure de la capacité.

batterie est isolé, et le câble se décharge à la terre à travers le voltmètre. L'aiguille du voltmètre donne, à ce moment, une déviation que l'on observe. La touche D intercale simplement un shunt sur le voltmètre, ce qui abaisse la sensibilité à $\frac{1}{10}$ à courant durable. L'amortissement étant augmenté grâce à ce shunt, la sensibilité balistique est un peu diminuée. Si l'on abaisse la touche I avant la touche II, le shunt est supprimé, et le voltmètre conserve toute sa sensibilité. Si l'on observe une déviation sur l'échelle des volts, on obtient, pour la capacité qui existe entre les bornes *Câble* et *Terre,* la valeur suivante :

$$C = c_1 V \alpha_1,$$

si l'on ne se sert pas de la touche D, ou bien

$$C = c_2 V \alpha_2,$$

si la touche D a été abaissée, V représentant la tension-étalon, c_1 et c_2 deux constantes dépendant des propriétés du voltmètre; ces constantes varient cependant un peu avec la grandeur de la déviation, puisque l'amortissement est lui-même variable suivant les déviations. Pour $V = 130$ volts, on lit directement les valeurs de la capacité C sur le Tableau placé dans le couvercle. Les déviations étant proportionnelles à la tension, on peut très facilement, d'après les données du Tableau, déterminer la capacité pour des tensions s'écartant de la normale.

Pour les mesures de capacité, le voltmètre n'est que légèrement amorti afin d'obtenir une plus grande sensibilité; on obtient un amortissement apériodique en amenant, après avoir observé la déviation, le commutateur C du plot zéro au plot $\frac{1}{100}$; une fois l'aiguille arrêtée, on ramène le commutateur C au zéro.

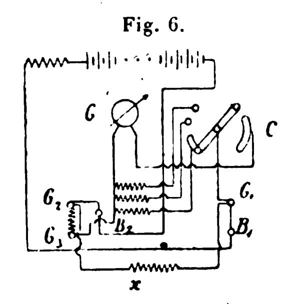
Lorsque le temps est très humide, il se peut qu'on ait, lorsque la touche E est abaissée, une

légère déviation durable due à un isolement insuffisant, par rapport à la terre, du pôle détaché de la batterie; pour corriger cette erreur, il suffit d'intervertir les bornes désignées par *Câble* et *Terre*.

Mesures de résistances. — Les mesures de résistances ont lieu d'après la méthode en dérivation. La résistance inconnue est mise en parallèle avec le galvanomètre; directement, pour de petites résistances, et en intercalant dans le circuit galvanométrique la résistance additionnelle de 4950 ohms pour les grandes résistances; le circuit est toujours fermé sur 50000 ohms. La légère modification que subit cette résistance totale par l'intercalation de la résistance inconnue en parallèle avec le galvanomètre peut être négligée.

Pour faire les mesures, on met les bornes G_1 et B_1 en court-circuit par l'intermédiaire de la bride. Si l'on intercale maintenant la résistance inconnue entre les bornes G_1 et G_2, c'est-à-dire en parallèle avec le galvanomètre avec ses shunts

Fig. 6.



Mesure de résistance.

(*fig.* 6), on obtient, en manœuvrant le commutateur C, des déviations α ou α_1, et l'on a

$$X = \frac{500\alpha}{V - \alpha},$$

si le commutateur se trouve sur le plot $\frac{1}{100}$, ou bien

$$X = \frac{545\alpha_1}{10X - \alpha_1},$$

si le commutateur C se trouve sur le plot $\frac{1}{10}$, V étant la tension de mesure. Dans la première position, on obtient $\alpha = V$ pour $X = \infty$; on ne peut donc jamais obtenir de déviation plus grande que celle correspondant à la tension de la batterie. Dans la deuxième position, les résistances relativement faibles sont mesurées avec plus d'exactitude. La position du commutateur C sur la sensibilité $\frac{1}{1}$ ne présente aucun avantage et peut, par conséquent, être négligée.

Si la résistance inconnue X est intercalée entre G_3 et G_1, elle est en parallèle avec le galvanomètre et ses shunts, mais sans résistance additionnelle, et l'on peut, par conséquent, mesurer des résistances d'autant plus petites. Elles sont calculées d'après les formules

$$X = \frac{5\alpha}{V - \alpha},$$

lorsque C se trouve sur le plot $\frac{1}{100}$;

$$X_1 = \frac{50\alpha}{10V - \alpha_1},$$

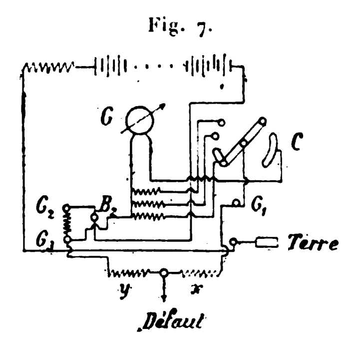
lorsque C se trouve sur le plot $\frac{1}{10}$.

Pour $V = 130$ volts, les valeurs sont indiquées sur le Tableau placé dans le couvercle.

Il y a lieu de faire les remarques suivantes : pour les faibles résistances, on obtiendra plus d'exactitude en les reliant à G_3; à la sensibilité $\frac{1}{100}$, on pourra mesurer approximativement toutes les résistances de 0,05 à ∞; les résistances de 0,05 à 10 ohms peuvent être mesurées exactement à la sensibilité $\frac{1}{10}$. Quant aux grandes résistances, il sera préférable de les relier à G_2; dans ce cas on mesurera, à la sensibilité $\frac{1}{100}$ approximativement, toutes les résistances de 5 ohms à ∞; à la sensibilité $\frac{1}{10}$, par contre, on pourra mesurer toutes les résistances de 1 à 100 ohms.

Détermination des défauts dans les lignes. — Pour déterminer en quel point d'un conducteur se trouve le défaut d'isolement, on établira de la façon connue une boucle dont on reliera les deux extrémités à l'appareil, et l'on déterminera le rapport des deux sections de câble allant des extrémités au point où existe un défaut. Si la position du câble

Fig. 7.



Recherche des défauts.

est connue, on pourra, à l'aide de ce rapport, déterminer facilement l'endroit du défaut. Comme l'appareil fait toutes les mesures d'après la méthode de la déviation directe, la détermination du rapport en question pourra se faire par deux mesures. Dans la première, l'une des sections du câble sera en dérivation sur l'autre et sur le voltmètre; dans la seconde mesure, on intervertira les extrémités. Si l'intensité ne varie pas pendant ce temps, les dévia-

tions obtenues sur le voltmètre seront inversement proportionnelles aux sections de câble.

Pour faire ces mesures, on reliera la borne *Terre* à la terre, et l'on intercalera la boucle entre les bornes G_1 et G_3 (*fig.* 7) ou G_1 et G_2, et l'on observera la déviation α_1, obtenue sur le voltmètre, en amenant le commutateur C sur le plot $\frac{1}{100}$ ou $\frac{1}{10}$; on intervertira ensuite les extrémités de la boucle, et l'on observera à nouveau la déviation du voltmètre en maintenant le commutateur C sur la même position. Soit α_2 cette seconde déviation; soient x la section de câble qui était reliée à la borne G_1 pour la première mesure et y l'autre section, on aura

$$x : y = \alpha_2 : \alpha_1.$$

Dans ces mesures on obtiendra les plus grandes déviations, c'est-à-dire la plus grande exactitude, en se servant pour de faibles résistances (au-dessous de 50 ohms environ) de la borne G_3; pour de plus grandes résistances, on se sert de la borne G_2. On pourra toujours se servir de la sensibilité $\frac{1}{10}$ lorsque la déviation ne dépassera pas dans les deux mesures l'extrémité de l'échelle. Il est indispensable que les deux déviations α_1 et α_2 aient lieu et soient observées avec une même position du commutateur C et avec les mêmes bornes.

Comme il se peut que la résistance du défaut varie pendant les mesures, il est bon d'intervertir les extrémités de la boucle plusieurs fois et de prendre la valeur moyenne des déviations α_1, α_2 obtenues. Il faut tenir compte, dans ces mesures, des conducteurs qui relient l'instrument au câble dans les cas où la résistance de ces conducteurs ne peut pas être négligée par rapport à celle du câble. Supposons que ces conducteurs aient une résistance n fois plus grande que celle du câble par mètre de longueur, il faudra alors, dans les calculs, que chaque conducteur soit représenté par n fois sa longueur réelle.

Si le câble n'a pas de défaut d'isolement, s'il est, au contraire, rompu, on déterminera le point de rupture en faisant, de la façon connue, des mesures de capacité sur les deux sections, en employant le schéma indiqué plus haut par la figure 4.

DIVERS.

Tube à vide chantant, par W.-J. HAMMER. (*Electrical World and Engineer*, t. XLIII, p. 47-48, 2 janvier 1904.)

L'auteur signale un curieux phénomène qu'il a observé dans les circonstances suivantes avec un tube de Röntgen à vide autoréglable par échauffement de l'anticathode formée d'une plaque de platine soudée à une plaque de nickel. L'anticathode ayant été perforée par fusion, la pression ne pouvait être maintenue à une valeur convenable, et M. Hammer était sur le point de renvoyer le tube chez le constructeur, lorsqu'il eut l'idée de l'essayer une dernière fois. L'essai ne réussit pas et le tube, dont l'anticathode était à la température du rouge, fut posée sur la boîte remplie d'ouate devant servir à son emballage. Brusquement, un son nettement musical se fit entendre et M. Hammer constata, en touchant le tube avec son doigt en divers endroits, que le tube vibrait fortement.

Des essais répétés montrèrent que le son dure de 5 à 17 minutes, qu'il a toujours la même hauteur et que son intensité, variable d'un essai à l'autre, est suffisante pour permettre de l'entendre à une distance de 10^m. Parfois le son ne se produit pas immédiatement après la rupture du courant de la bobine alimentant le tube; mais il se manifeste infailliblement à la suite de quelques balancements du tube ou à la suite d'un faible choc; quand le son a cessé, il est quelquefois possible de le faire recommencer une seconde et même une troisième fois.

La bobine d'induction ne fonctionnant pas pendant la manifestation du son et, d'autre part, aucune canalisation à courant alternatif n'existant dans la salle d'expériences, ce son ne peut être attribué à une excitation d'origine électrique. Comme l'anticathode du tube est formée de deux plaques métalliques, on pourrait penser qu'il a une cause analogue à celle qui produit un son dans l'expérience classique du « berceau de Treveylan » [1].

Bien que cette explication soit plausible, M. Hammer en suggère une autre : l'énergie sonore proviendrait de la transformation de l'énergie d'ondes éthériques particulières, pour lesquelles le tube se trouverait en quelque sorte en résonance. A l'appui de cette hypothèse, qui peut paraître hasardée, M. Hammer signale l'observation, faite récemment à Londres, d'un tube à vide continuant à émettre de la lumière pendant plusieurs jours après avoir été excité par un courant; il invoque également l'autorité de Mme Curie, lord Kelvin, Edison qui ont tenté d'expliquer les phénomènes de radioactivité par une transformation analogue.

J. B.

---

[1] Une gouttière en cuivre à la température du rouge sombre est posée, par ses bords, sur un bloc de plomb froid; par suite des dilatations qui se produisent aux points du plomb touchés par les bords de la gouttière, celle-ci prend un mouvement de balancement en même temps qu'un son se manifeste.

Sur l'emballage du matériel à destination du Bengale et sa conservation dans ce pays, par Paul BRUHL. Communication faite à la section de Calcutta de l'Institution of Electrical Engineers. (*Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXII, p. 1039-1043, août 1903.)

L'auteur présente d'abord quelques observations sur l'emballage du matériel. Il recommande de mettre soigneusement à l'abri des chocs les enroulements des galvanomètres à bobine mobile, les systèmes magnétiques des galvanomètres de Kelvin et d'Helmholtz et en général toutes les parties oscillantes des instruments, sinon la suspension risque d'être brisée. Les expéditeurs ont souvent le grand tort d'emballer dans la même caisse des pièces lourdes et volumineuses et des pièces délicates; quand cela est inévitable, il faut du moins renfermer ces dernières dans de petites boites séparées.

Au sujet de la température :

Considérées en elles-mêmes, les températures des tropiques n'ont pas une grande influence sur la conservation du matériel : il est peu probable qu'une dynamo ait jamais subi des avaries dues à une température initiale supérieure de 12° à 18° C. à celles qu'on observe en Angleterre. Mais il en est autrement si l'on considère l'action des températures chaudes combinée avec celle des agents chimiques. On sait que la rapidité de l'attaque chimique croît souvent avec la température. On n'a malheureusement guère de données précises sur les relations qui existent entre la température d'une part et, de l'autre, la formation de la rouille, du vert-de-gris, l'action du nitre sur diverses matières employées en électrotechnique, les changements chimiques que subissent les huiles de graissage en contact avec l'atmosphère, l'action de l'acide carbonique sur les silicates, l'action de l'ozone de l'atmosphère. Pour protéger les pièces d'acier contre la rouille, l'auteur recommande de les graisser avec de l'huile de la Vacuum Company, qu'on aura d'abord analysée pour s'assurer qu'elle ne contient pas d'acide. Le bronze phosphoreux, là où l'on peut l'employer, est préférable à l'acier.

L'aluminium ne supporte bien le climat tropical que s'il est pur; dans le cas contraire, il s'oxyde rapidement. Ce métal, en somme, n'est pas à recommander. Le maillechort et le platinoïde se comportent assez bien; la manganine nue, n'étant pas absolument à l'épreuve du climat, doit être surveillée de près. Les galvanomètres d'Arsonval de certains constructeurs sont sujets à un dommage particulier : on trouve, au bout de peu de temps, que la résistance du galvanomètre croît rapidement, jusqu'à devenir presque infinie, et l'on constate, en examinant l'appareil, que les fils de suspension se sont entièrement oxydés. Enfin, il arrive souvent que pendant le transport l'argenture des miroirs de galvanomètres se craquèle ou se ternit jusqu'à les rendre inutilisables.

Un des agents de corrosion les plus puissants de la nature est l'acide carbonique. Le peu d'énergie de son action dans les cas ordinaires tient à sa volatilité ou encore à ce fait que, dissous dans l'eau sous la pression atmosphérique, il est extrêmement dilué; mais, quand sa concentration est plus grande par l'effet d'une haute pression, l'action est tout autre. Or, la capillarité agit sur la concentration comme un accroissement considérable de la pression extérieure, et, dans la mince couche d'humidité qui recouvre tous les objets pendant la saison des pluies, ou dans la couche qui sépare deux surfaces en contact apparent, la concentration de l'acide carbonique est beaucoup plus grande que sous la pression atmosphérique, de sorte qu'il est alors capable de déplacer la silice des silicates naturels ou artificiels. C'est ainsi que se dépolissent les surfaces de verre en contact l'une avec l'autre et les lentilles renfermées dans des lieux mal aérés.

Un autre phénomène chimique très nuisible aux laboratoires d'essais électriques est l'oxydation du soufre contenu dans l'ébonite, avec la formation d'acide sulfurique qui s'ensuit. Cette attaque est très rapide pendant la saison des pluies; mais, quand on prend soin d'essuyer souvent les appareils, ils en souffrent peu. Quand on s'aperçoit que des pièces d'ébonite ont perdu leurs propriétés isolantes, le mieux est de les mouiller avec une dissolution étendue de potasse caustique, de les laver à l'eau distillée chaude, puis de les sécher avec une étoffe propre. Les bouchons et les tubes en caoutchouc se détériorent aussi rapidement au Bengale. On assurera la conservation des bouchons en les plaçant sur une plaque perforée dans un bocal en verre bouché, au fond duquel on aura versé un peu d'huile de térébenthine. Quant aux tubes, on les enduit de glycérine.

Contre la moisissure, qui est aussi une cause fréquente de détérioration, la meilleure mesure de protection consiste à donner libre accès à l'air et à la lumière. P. L.

BREVETS D'INVENTION (¹).

BF. Brevet français. — BP. Patente anglaise. — DRP. Patente allemande. — USAP. Patente des États-Unis.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Télégraphie. — JONER. — Perfectionnements aux systèmes de télégraphie. BF. 335602, 12 sept. 1903.

MAICHE. — Nouveau mode de transmission télégraphique par la terre. BF. 334035, 21 juillet 1903.

BATTAGLIA GUERRIERI. — Appareil télégraphique imprimeur. BF. 335926, 27 août 1903.

CREED. — Appareil télégraphique. USAP. 749031 à 749033, 3 septembre 1901, 4 et 9 août 1902.

SCHUTZ. — Télégraphe. DRP. 147973, 5 décembre 1902.

SCHUTZ. — Poteau télégraphique. BF. 334292, 31 juillet 1903.

LAKE. — Système de communication sous-marine. BP. 19288, 1903.

LODGE ET SAUNDERS. — Parafoudres pour câbles sous-marins. BP. 24744, 1902.

SIEMENS ET HALSKE A.-G. — Relais polarisé. DRP. 146814, 26 juin 1902.

SIEMENS ET HALSKE A.-G. — Relais électromagnétique. BP. 19877, 1903. DRP. 147658, 2 décembre 1902.

Téléphonie. — MIX ET GENEST. — Communication téléphonique. DRP. 147425, 8 mai 1903.

MIX ET GENEST. — Téléphone à batterie centrale. BP. 24576, 1902.

DOMMERGUE. — Téléphone. DRP. 146880. 5 mars 1903.

TELEPHON-FABRIK A.-G., v. BERLINER. — Téléphone. DRP. 147467, 17 janvier 1903.

BYNG et ANDERS. — Commutateur téléphonique. BP. 26917, 1902.

MEYER (W.). — Commutateur téléphonique. USAP. 748397, 10 octobre 1901.

SCHMITZ. — Commutateur pour téléphone. DRP. 147424, 20 janvier 1903.

SIEMENS ET HALSKE A.-G. — Commutateur pour téléphone. DRP. 147089, 4 octobre 1902.

BACHNER. — Signaux pour téléphones. DRP. 147135, 2 mars 1901; DRP. 147136, 23 mars 1901.

CEDERGREN. — Avertisseur pour téléphone. DRP. 146954, 8 novembre 1901.

EHRET. — Accoudoir pour téléphone. BF. 335137, 21 septembre 1903.

HADDOCK. — Attaches pour téléphones. BP. 21851, 1903.

MERK. — Commande des appareils dans les installations de téléphones automatiques. BF. 335255, 29 juin 1903.

PARSONS ET SLOPER. — Distributeur pour téléphone. DRP. 146807, 16 avril 1902.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES. — Circuits de lignes auxiliaires reliant les bureaux centraux téléphoniques. BF. 335353, 7 septembre 1903.

TUBBS, SMITH ET HARTLEY. — Système de désinfection pour téléphones. BP. 21574, 1903.

WEST. — Conducteur pour téléphone. DRP. 147542, 4 mai 1902.

KLEBS. — Microphone. DRP. 147138, 23 sept. 1902.

SENSENSCHMIDT ET SBIRE. — Plaque de microphone. DRP. 147137, 1er janvier 1902.

Télécommunication par ondes. — GUARINI FORESIO. — Télégraphie sans fil. DRP. 147003, 30 juillet 1899.

DE FOREST. — Appareils de télégraphie sans fil. USAP. 748597, 24 décembre 1901. USAP. 749131, 6 mars 1901. 749178, 14 mai 1903. 749371, 749372, 749434, 4 juin 1903. 749435, 749436, 17 juin 1903.

EHRET. — Système de télégraphie sans fil. USAP. 749370, 15 novembre 1902.

SHOEMAKER. — Système de télégraphie sans fil. USAP. 749584, 3 octobre 1902.

BURKE. — Perfectionnements dans la transmission et la réception des messages dans la télégraphie sans fil. BF. 333951, 13 juillet 1903.

LADD. — Procédé et appareil pour la production de signaux par transmission électrique sans fil. BF. 333839, 10 juillet 1903.

STONE. — Oscillateur pour télégraphie sans fil. BP. 28552, 1902.

BLONDEL. — Radiateurs pour télégraphie sans fil. BP. 11427, 1903 (date de validité : 28 mai 1902).

ARMSTRONG ET ORLING. — Récepteur. DRP. 146808, 10 juin 1902.

MORIN. — Récepteurs pour télégraphie sans fil. BF. 335420, 19 septembre 1903. BP. 20061, 1903.

SIMON ET REICH. — Récepteur pour télégraphie et téléphonie sans fil. DRP. 147802, 1er mars 1903.

GESELSCHAFT FUR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE MIT BESCHANKTER HAFTUNG. — Méthode de réception des ondes hertziennes au moyen d'éléments électrolytiques. BF. 334289, 31 juillet 1903.

PICKARD. — Relais pour courants de haute fréquence. USAP. 749399, 21 août 1903.

BRAUN'S TELEGRAPHIE G. M. B. H. — Augmentation de l'énergie développée par la transformation des ondes électriques. DRP. 147398, 31 janvier 1901. — Commutateur pour télégraphie sans fil. DRP. 148001, 28 mars 1901.

LADD. — Dispositif à ondes hertziennes pour déterminer la direction d'un navire. USAP. 749694, 15 mai 1899.

(¹) Tous les brevets mentionnés ici ont été récemment déposés (en France) ou acceptés (à l'étranger). La date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

Les listes de brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier).

Lalande. — Appareil de commande à distance par ondes lumineuses ou électriques. BF. 335450, 21 juillet 1903.

Young. — Ondes électriques. DRP. 147402, 7 décembre 1902.

APPLICATIONS THERMIQUES.

Bronn. — Chauffage électrique. BP. 24235, 1902.

De Mare. — Chauffage électrique. DRP. 147059, 7 juin 1902.

Richards (W.). — Appareil de chauffage. USAP. 748309, 2 juillet 1902.

Harkin. — Résistances pour chauffage. BP. 24517, 1902.

General Electric Company. — Fours. BP. 27755, 1902.

Franzen. — Allumage électrique du gaz à distance. BF. 335400, 17 septembre 1903.

Gardner (W.). — Allumeur de cigares. USAP. 748360, 27 septembre 1902.

Meigs (J.). — Dispositif pour la mise en feu des canons. USAP. 748086, 27 août 1902.

Winton. — Inflammateur pour moteurs à gaz. BP. 14688, 1903.

ÉCLAIRAGE.

Beck. — Lampe à arc. DRP. 147142, 8 février 1903.

Bellardent. — Lampe à arc. BF. 335280, 5 septembre 1903.

Efrem et Scharz. — Lampe à arc. DRP. 147131, 7 octobre 1903.

Fournier. — Lampe à arc. BF. 328152, 25 nov. 1902.

Henderson (R.-H.). — Lampe à arc. USAP. 748185, 30 mars 1903.

Körting et Mathiesen. — Lampe à arc. DRP. 146884, 25 octobre 1902.

Knul Tornberg. — Lampe à arc. USAP. 748121, 1er novembre 1902.

Reclus, Petitdidier, Schmitt. — Lampe à arc enfermé. BP. 27133, 1902.

Hoppelt. — Charbons pour lampes à arc. BP. 7831, 1903.

Heany. — Frein pour lampe à arc. DRP. 147161, 17 décembre 1902.

Bahrfeldt. — Suspension de lampes. BP. 3083, 1903.

Stevenson. — Suspension pour lampe à arc. BP. 10, 1903.

Baker. — Coupe-circuit pour lampes à arc. USAP. 748148, 30 octobre 1902.

Bowen. — Lampes à incandescence. BP. 24328, 1902.

Cleminson. — Lampe à incandescence et douille. BP. 26818, 1902.

Hagen. — Lampe à incandescence. DRP. 146913, 1er mai 1903.

Blakeley (Ch.). — Monture de lampes à incandescence. USAP. 748337 et 748338, 18 juin 1903.

Wagner (Ch.). — Monture de lampe à incandescence. USAP. 748447, 2 mai 1902.

Hevvett. — Support à commutateur pour lampes à incandescence. BP. 24205, 1902.

Voelker. — Transformation des fils de charbon. DRP. 146912, 147035, 27 mai 1902.

Naylor. — Lampe de mineur. BP. 1903.

Weintraub. — Lampe électrique à vapeur. BF. 335293, 14 septembre 1903.

Sander. — Corps pour l'éclairage électrique à incandescence. DRP. 147233, 16 mai 1902; 147316, 16 mai 1902.

Wilson et Hardingham. — Appareil pour essais de lampes. BP. 24325, 1902.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Acheson. — Procédé pour la fabrication d'objets en charbon. USAP. 749418, 4 septembre 1902.

Electrochemische Werke. — Préparation électrolytique des métaux alcalins et en particulier du calcium. BP. 20665, 1903. BF. 335568, 26 septembre 1903.

Eyde et Birkeland. — Production de réactions chimiques intenses dans les combinaisons gazeuses ou les mélanges gazeux. BF. 335692, 18 septembre 1903.

Gilmour. — Décomposition électrolytique des chlorures alcalins. BP. 22135, 1902.

Hubert. — Appareil pour dépôt galvanique. BP. 8679, 1903.

Hunt (F.-F.). — Production des oxydes métalliques par électrolyse. USAP. 748609, 22 janvier 1903.

Kowalski et Moscicki. — Dispositif pour la production synthétique des produits nitrés. BP. 20497, 1903.

Nodon. — Nouvelles combinaisons de métaux par ionisation. BF. 335907, 14 octobre 1903.

Rink. — Électrolyseur pour chlorures alcalins. USAP. 748985, 4 avril 1902.

Steenlet. — Diaphragmes pour électrolyse. BP. 16988, 1903.

Usines de Rioupéroux. — Appareil perfectionné pour électrolyser les oxydes ou sels métalliques. BF. 334229. 29 juillet 1903.

MESURES.

Allgemeine Electricitaets Ges. — Dispositif dans les compteurs électriques pour indiquer l'utilisation maximum. DRP. 147315, 1er août 1903.

Aron. — Compteur électrique. DRP. 147232, 8 janvier 1903.

Gutmann (L.). — Compteur. USAP. 747968, 6 janvier 1902.

Halsey. — Compteur. BP. 21969, 1902.

Siemens et Halske A. G. — Galvanoscope. DRP. 146883, 25 novembre 1902.

General Electric Company. — Instruments enregistreurs. BP. 26647, 1902.

DIVERS.

Duddell et Sparks. — Protection des câbles ou autres appareils contre les effets des ondes de courant. BP. 28828, 1902.

Ruhmer. — Fabrication de cellules sensibles à la lumière. DRP. 147113, 30 avril 1903.

Stewart. — Mesure de la chaleur des fils. DRP. 147231, 12 août 1902.

Telephon Fabrik A. G. vorm J. Berliner. — Transmission du mouvement de ou à un mécanisme contenu dans une enveloppe. BP. 2687, 1903.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Leçons d'électrotechnique générale, par P. JANET, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité. Deuxième édition. Tome I : *Généralités. Courants continus.* — 1 vol. format $25^{cm} \times 17^{cm}$, 369 pages, 167 fig. Gauthier-Villars, éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, Paris, 6ᵉ. — Prix, broché, 11ᶠʳ.

En raison du développement continu des applications de l'électricité et des perfectionnements apportés chaque jour dans la construction des appareils de génération et d'utilisation, l'auteur a dû répartir en deux Volumes les matières, notablement augmentées, traitées dans la première édition de ses Leçons d'Électrotechnique. Outre de nombreuses additions de détail, nous trouvons dans ce premier Volume des compléments très importants sur le magnétisme du fer et des aciers, sur les induits dentés et sur la commutation, questions qui ont été l'objet d'études très approfondies dans ces dernières années.

Le plan général est, néanmoins, resté le même. Après un rappel des principes fondamentaux de la Mécanique et de la Thermodynamique, M. Janet étudie les lois de la condensation électrostatique, du courant, du magnétisme, de l'électromagnétisme et de l'induction, et aborde l'étude de l'Electrotechnique par les propriétés des matériaux employés en électrotechnique, propriétés trop souvent négligées dans les ouvrages généraux. L'étude des Dynamos à courants continus (enroulements d'induits, inducteurs, commutation et réaction d'induit, caractéristiques, couplage) forme le sujet des Chapitres VIII à XI. Un Chapitre sur les Moteurs et un sur le Transport électrique de la puissance mécanique terminent le Volume. A chaque Chapitre, une bibliographie met le lecteur à même de rechercher dans les périodiques français les compléments qu'il pourrait désirer.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que la concision et la clarté d'exposition remarquées dans la première édition se retrouvent dans la seconde et il n'est pas téméraire de prédire que celle-ci aura le succès de sa devancière.

J. B.

L'Aluminium, ses propriétés, ses applications, par P. MOISSONNIER, pharmacien principal de l'Armée. — 1 vol., format $25^{cm} \times 17^{cm}$; 219 pages, avec figures. Gauthier-Villars, éditeur. — Prix, broché, 7ᶠʳ,50.

Dès le début de la fabrication électrolytique de l'aluminium, l'auteur s'est trouvé amené, par ses fonctions dans l'Armée, à s'occuper de l'utilisation de ce métal pour la confection d'objets d'équipement militaire. Il a donc pu suivre depuis 1888 les diverses phases du développement de l'industrie de l'aluminium. De plus, il a dû personnellement étudier, comme chef du laboratoire du gouvernement militaire de Paris, les altérations que subit l'aluminium au contact de l'air ou des substances alimentaires. C'est le résumé des nombreux documents qu'il lui a fallu consulter et les résultats de ses recherches personnelles qui forment la matière de l'intéressant Ouvrage qui nous occupe.

Après quelques pages d'historique, M. Moissonnier passe en revue les minerais d'aluminium, les procédés de préparation de l'alumine et de l'aluminium, décrit ensuite les méthodes d'analyses des aluminiums commerciaux, fait connaître les propriétés principales de l'aluminium et de ses nombreux alliages industriels et termine enfin par les applications du métal et ses alliages.

Écrit sans prétention, l'Ouvrage est, quoique bien documenté, d'une lecture facile; il ne peut manquer d'intéresser les ingénieurs électrométallurgistes. J. B.

L'Électricité industrielle mise à la portée de l'ouvrier, par E. ROSENBERG. Traduit de l'allemand par A. MAUDUIT, chargé de conférences à l'Institut électrotechnique de Nancy. — 1 vol. format $19^{cm} \times 12^{cm}$, 435 p., 284 fig. Vᵛᵉ Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, 6ᵉ. — Prix : broché, 8ᶠʳ,50; cartonné, 10ᶠʳ.

Les ouvriers électriciens désireux de se rendre compte d'une façon assez complète du fonctionnement des appareils qu'ils emploient sont généralement effrayés de l'aridité des connaissances préliminaires qu'il leur faut acquérir. Mettre ces connaissances à leur portée, en éliminer celles qui ne leur sont pas strictement indispensables, est une tâche bien difficile, mais que n'ont pas craint d'entreprendre d'assez nombreux ingénieurs distingués. M. Rosenberg est de ceux qui ont su la remplir à la satisfaction des intéressés, si l'on en juge par le succès qu'a eu son Ouvrage en Allemagne.

En en donnant une traduction française, M. Mauduit a fait œuvre utile. D'ailleurs, celui-ci a fait mieux que traduire : les connaissances pratiques qu'il a acquises dans ses fonctions d'ingénieur et l'érudition dont témoignent ses Cours à l'Institut électrotechnique de Nancy lui donnent une haute compétence qui lui permettait de ne pas suivre servilement le texte allemand. Aussi sa traduction est-elle d'un style alerte et bien français, ne laissant pas la fâcheuse impression que l'on éprouve à la lecture d'ouvrages traduits d'une langue étrangère.

Quant au contenu de l'Ouvrage, son indication nous entraînerait trop loin. Disons seulement que M. Rosenberg n'a pas craint d'y aborder l'étude des machines à courants alternatifs et qu'il est parvenu à la rendre accessible sans calculs. J. B.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Sur la réglementation de la télégraphie sans fil.

En rendant compte de la conférence tenue à Berlin par les délégués de divers États ([1]), nous nous sommes abstenus de toute réflexion concernant les discussions intervenues, laissant le lecteur libre de les apprécier. Nous voyons avec plaisir que, de l'autre côté de la Manche, on commence à trouver un peu encombrante la prétention qu'émet la Wireless Telegraph C° de devoir être la seule Société qui ait droit d'exploiter les procédés de la télégraphie sans fil. Cette prétention s'est très nettement fait jour à la conférence de Berlin où certains délégués, en particulier les délégués italiens, ont paru être plutôt les envoyés de M. Marconi que les commissaires de leur Gouvernement.

La très habile réclame que M. Marconi a su entretenir au début de ses premières expériences autour de ses dispositifs a fait croire à bien des gens que son nom devait être indissolublement lié au principe même de cette nouvelle télégraphie. Nous sommes de ceux qui, dès le début ([2]), n'avons pas craint de bien faire remarquer que si M. Marconi méritait d'être considéré comme un très ingénieux et très habile constructeur, il ne pouvait, à aucun titre, prétendre avoir rien inventé dans le domaine qu'il exploite. Hertz, disions-nous, domine de de toute la grandeur de son génie tous ceux qui discutent ou s'occupent d'ondes électriques. En ce qui concerne la télégraphie sans fil, l'œuvre expérimentale de Hertz non seulement en contenait le germe, mais la *réalisait* sur une distance d'une vingtaine de mètres, et cela, par l'excitateur, transmetteur d'ondes, et par le résonateur, récepteur d'ondes. Il serait injuste de ne pas rapporter à M. Branly l'invention du détecteur d'ondes le plus sensible que nous connaissions : le cohéreur. Plus préoccupé d'y voir un modèle du neurone que d'en suivre les applications pratiques, M. Branly laissa à M. Marconi le soin d'associer, d'une façon des mieux entendues sans nul doute, le cohéreur à l'excitateur. Encore le jeune ingénieur italien fut-il, dans cette voie, inspiré et prévenu par M. Popoff et par M. Lodge.

M. Marconi profita, d'ailleurs très habilement, de l'engouement qui se fit alors sur son nom, aussi est-il presque excusable de se croire sinon le père des oscillations électriques, du moins l'inventeur, très breveté certainement, de la télégraphie sans fil. Son illusion à ce sujet ne saurait cependant être considérée comme lettres patentes.

The Electrician de Londres ([1]) ne croit pas inutile d'attirer l'attention de ses lecteurs sur la situation très fâcheuse, selon lui, dans laquelle se trouve en Angleterre l'exploitation de la nouvelle télégraphie. Il regrette que, seule, la Grande-Bretagne soit aussi désarmée envers les Compagnies de télégraphie et fait remarquer que dans tous les autres pays ce service commun est l'objet d'un monopole.

Cette réflexion émise par un journal anglais ne sera pas pour déplaire à ceux qui, comme nous, estiment que bien des services publics, la Télégraphie entre autres, ne sont aptes à rendre de vrais et complets services que sous le contrôle et dans la main de l'État. On est très enclin, en France surtout, à médire des monopoles, et les esprits chagrins à ce sujet nous montrent constamment la terre d'Outre-Manche comme celle de l'épanouissement le plus utile du tout laisser-faire. Il est topique de leur répondre par les doléances que les Anglais eux-mêmes ne craignent pas d'émettre contre ce régime de trop grande liberté et par l'appel qu'ils font à leur Gouvernement de suivre l'exemple des États du continent en réglementant et monopolisant la nouvelle télégraphie.

« La situation précaire de notre Gouvernement, dit le périodique anglais, concernant ses monopoles télégraphiques, est digne de remarque si on la compare à celle des autres Gouvernements. En France, en dépit de la grande liberté qui y règne, le Gouvernement peut ordonner la fermeture de tout poste privé de télégraphie sans fil; dans les autres États, le monopole télégraphique est absolu et s'applique à la télégraphie sans fil. Aux États-Unis, le Gouvernement se réserve le droit d'imposer les conditions d'exploitation de la nouvelle télégraphie et même, dans quelques-unes de nos colonies, la construction de postes de télégraphie hertzienne est illégale sans licence. Dans l'état actuel de la loi en Grande-Bretagne, le Gouvernement n'a pas le droit d'intervenir auprès des Compagnies de télégraphie sans fil, si ce n'est dans le cas de messages échangés entre deux postes situés tous deux sur territoire anglais. Il a toujours été dans l'esprit de ce pays d'accorder la plus grande liberté aux entreprises privées; mais, en ce qui touche à la télégraphie, le monopole d'État offre de si grands avantages qu'il y a 34 ans environ l'État crut devoir reprendre ce service commun aux anciennes Compagnies de Télégraphie. »

Et l'auteur de l'article regrette que la situation actuelle de la télégraphie sans fil en Angleterre diffère autant de celle de son aînée, la télégraphie avec conducteur.

([1]) A. Turpain, *La conférence internationale de Berlin sur la télégraphie sans fil* (*L'Éclairage électrique*, t. XXXVII, n° 44, p. 161, 31 octobre 1903).

([2]) A. Turpain, *Le nouveau domaine de l'Électricité : Les expériences de Hertz et leurs applications* (Conférence à la Société des Sciences naturelles de La Rochelle, 18 juin 1898); *La télégraphie sans fil* (*Association française pour l'avancement des Sciences*, Congrès de Boulogne-sur-Mer, 20 septembre 1899, t. I, p. 463.

([1]) *The Electrician*, 20 novembre 1903.

« Pour que le bénéfice de la nouvelle télégraphie soit vraiment profitable au public il est urgent, ajoute *The Electrician*, que le gouvernement, à défaut de monopole, impose un contrôle très nettement défini aux Compagnies de télégraphie hertzienne. Les réserves que les délégués anglais ont cru devoir faire à la conférence de Berlin sont regrettables et ne peuvent leur avoir été inspirées que par l'état de la législation télégraphique actuelle en Angleterre. Une entente internationale utile ne peut être envisagée concernant la nouvelle télégraphie qu'autant qu'elle se trouvera dans chaque Etat placée préalablement sous le contrôle effectif du gouvernement. Nous sommes certains que le gouvernement ne manquera pas de saisir à la prochaine session le Parlement des mesures à prendre à cet effet. Jusqu'ici le Post Office a fait tout ce qui était en son pouvoir pour aider M. Marconi et sa Compagnie dans l'exécution de leurs expériences. Quand, le premier, M. Marconi vint *avec des idées informes et des moyens expérimentaux limités à sa disposition* (*sic*), sir William Preece et les autres ingénieurs du Post Office lui donnèrent toutes les facilités de poursuivre ses investigations. Tout récemment le gouvernement construisit pour lui seul une ligne privée de Falmouth au Poldhu pour l'aider à recevoir les nombreux messages qu'il espérait transmettre de cette station en Amérique. L'administration s'offrit même à envisager la question de l'échange de ses télégrammes avec l'Amérique par télégraphe sans fil à la condition que la Wireless C° garantisse leur expédition prompte et fidèle. Cette raisonnable demande de garanties de l'administration fut même le prétexte de critiques formulées contre le Post Office dans la presse et au Parlement. A coup sûr le gouvernement ne peut être, sans injustice, accusé de manquer d'égards envers M. Marconi et ses associés. Il peut sans crainte, maintenant, tourner son attention du côté de l'extension vraiment utile et profitable de la télégraphie sans fil par le judicieux usage d'un bienfaisant contrôle de l'Etat sur ce nouveau mode de communications. »

Nous avons tenu à donner sous sa forme littérale la conclusion de l'article anglais. Elle montre très nettement combien M. Marconi doit à la collectivité dans la réalisation de ses expériences et comme serait mal venue, de sa part et de celle de sa Compagnie, la prétention d'accaparer pour eux seuls, au détriment de la collectivité et du public qui les a si généreusement aidés, l'exploitation de procédés qu'ils ont puisés à mains ouvertes dans les découvertes récentes, et qu'ils doivent d'avoir pu réaliser à la gracieuseté et à la bienveillance de l'Administration des Télégraphes de Grande-Bretagne. A. TURPAIN.

Force tractive et Adhérence magnétique.

L'adhérence magnétique n'avait été utilisée jusqu'ici en traction que dans la construction de quelques freins, en particulier du frein électromagnétique Westinghouse qui a été l'objet d'une description et d'une discussion aux séances d'avril et mai 1903 de la Société internationale des Électriciens (voir *Bulletin*, 2e série, t. III, p. 228 et 261). Mais il est évident que l'augmentation apparente du poids d'un véhicule sous l'action d'un flux magnétique passant des roues aux rails peut également servir à reculer la limite supérieure de l'effort de traction qu'est capable de développer ce véhicule avant que ses roues ne patinent.

Cette dernière application vient d'être réalisée par un ingénieur américain, A.-A. HONEY, qui a fondé, à Chicago, la Magnetic Equipment Company. D'après les documents que nous communique M. Cadiot, représentant de cette Société, le dispositif, utilisable aussi bien sur les locomotives à vapeur que sur automotrices électriques, se compose d'un fort électro-aimant dont le noyau est terminé par deux coussinets embrassant d'une part un des essieux porteurs et, d'autre part, l'arbre d'une paire de petites roues disposées derrière les roues motrices : lorsque l'électro-aimant n'est pas excité, ces petites roues sont maintenues, par des ressorts, à quelques centimètres au-dessus des rails de roulement; par suite de l'excitation de l'électro-aimaut, les petites roues s'appliquent sur le rail et ferment ainsi le circuit magnétique formé par le noyau de l'électro-aimant, une roue motrice, la faible longueur de rail comprise entre cette roue et la petite roue correspondante, enfin cette dernière.

Des essais faits sur une automotrice électrique de 15 tonnes munie de deux moteurs de 50 chevaux ont montré qu'avec une dépense d'énergie supplémentaire de 2,25 chevaux, pour l'excitation de l'électro-aimant, l'effort de traction se trouvait triplé. Pour se rendre compte des avantages que présente, sur l'augmentation réelle du poids d'un tracteur, l'augmentation apparente qui résulte de l'adhérence magnétique, la même voiture a été chargée de manière que son effort de traction devienne 3,5 fois plus grand que dans les conditions ordinaires et l'on a mesuré quelle était la puissance fournie alors; puis la voiture a été déchargée, l'électro-aimant excité jusqu'à produire le même effort de traction et la puissance fournie dans ces conditions a été mesurée; cette dernière n'était que les $\frac{23}{100}$ de la puissance mesurée dans le premier cas : une augmentation du poids réel produit donc un accroissement des pertes par frottement des fusées dans leurs coussinets énormément plus grand que celui qui résulte d'une augmentation apparente du poids par adhérence magnétique. Enfin, dans d'autres essais, il a été reconnu que l'on pouvait remonter avec la voiture à adhérence magnétique des rampes très fortes qu'il eût été impossible de franchir avec l'adhérence due uniquement au poids, et que la descente s'effectuait avec la plus grande sécurité; dans des expériences faites avec un modèle réduit au quart des dimensions normales d'une voiture de tramway on a pu gravir une rampe de 45°.

L'application du dispositif aux locomotives à vapeur des chemins de fer permettrait, en rendant possible l'augmentation du nombre des wagons d'un train, de diminuer considérablement les frais de traction. Son application aux automotrices électriques aurait pour conséquence de permettre de réduire le nombre ou la puissance des moteurs. Dans les deux cas elle aurait, en outre, l'avantage de supprimer la dépense du sable em-

ployé pour augmenter temporairement l'adhérence et l'usure importante des rails et des organes moteurs par les parcelles de sable. D'après la Magnetic Equipment Company, l'économie annuelle résultant de l'application aux 55000 locomotives à vapeur des États-Unis atteindrait au moins 438 millions de dollars; celle résultant de l'application aux 358000 automotrices de tramways atteindrait 107 millions de dollars! Nous ne discuterons pas ces chiffres fantastiques et qui se ressentent des habitudes américaines en matière de réclame, mais il semble cependant que l'utilisation de l'adhérence magnétique pour augmenter l'effort tracteur puisse ouvrir un nouveau champ d'action aux applications de l'électricité.

Conservatoire national des Arts et Métiers.

Les conférences publiques de 1904 ont débuté par une conférence du capitaine FERRIÉ, *Sur les progrès de la télégraphie sans fil.*

Les conférences de février et mars (les dimanches à 2h30m très précises) sont ainsi fixées :

7, 14 et 21 février. — *Conduite des chaudières à vapeur au point de vue de la sécurité, au point de vue de l'économie et revue des principaux types de chaudières et machines,* par M. CH. COMPÈRE, Directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

14 février. — *L'air liquide,* par M. D'ARSONVAL, de l'Institut.

28 février. — *Les turbines à vapeur,* par M. G. HART, Ingénieur aux Chemins de fer du Nord.

6 mars. — *La sécurité dans les théâtres,* par M. J. GUADET, Inspecteur des Bâtiments civils. *Les nouveaux aciers et leurs applications,* par M. G. CHARPY, Directeur des Forges Saint-Jacques, à Montluçon.

20 mars. — *Les machines frigorifiques et leurs applications,* par M. G. RICHARD, Ingénieur civil des Mines. *L'hygiène industrielle,* par M. le Dr HEIM, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.

27 mars. — *L'Office national de la propriété industrielle,* par M. C. COUHIN, Membre de la Commission technique de l'Office national. *Les machines à calculer,* par M. D'OCAGNE, Professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Société des Ingénieurs civils de France.

M. Coursot, président de la Société, accompagné de M. Boudenoot, sénateur, et de MM. Cornuault, Pontzen et Richard, présidents de sections, ont fait récemment une démarche auprès de la Commission sénatoriale chargée de l'examen du projet de loi concernant l'enseignement secondaire, pour demander la modification des articles II et VIII de ce projet, articles qui exigent des directeurs et professeurs des établissements d'enseignement secondaire la possession du diplôme de licencié ès sciences ou de licencié ès lettres. Ils ont fait remarquer que cette exigence aurait pour effet d'empêcher de nombreux ingénieurs, pourvus des diplômes délivrés par les Écoles supérieures et parfois même professeurs dans ces écoles, de professer dans les établissements privés d'enseignement secondaire préparant les candidats aux Écoles supérieures. Aussi demandent-ils que les diplômes d'anciens élèves de l'École Polytechnique, de l'École des Mines de Paris, de l'École des Ponts et Chaussées, de l'École Centrale et de l'École supérieure d'Électricité soient considérés comme équivalents aux diplômes de licences, équivalence d'ailleurs reconnue par la loi militaire.

Association française pour l'avancement des Sciences

Parmi les conférences qu'organise chaque année cette Association et qui ont lieu le mardi, à 8h30m du soir, dans la grande salle de l'Hôtel des Sociétés savantes, 8, rue Danton, signalons la conférence de M. BOLAND, du Club alpin français, sur les *Alpes dauphinoises,* avec projections de MM. Radiguet et Massiot, qui aura lieu le 29 février. Cette conférence vient d'autant mieux à son heure que le Congrès annuel de l'Association, en août 1904, se tiendra à Grenoble et qu'à cette occasion seront effectuées de nombreuses excursions à travers les Alpes dauphinoises.

Ajoutons, à propos de ces excursions, qu'il est question de les organiser de manière à permettre aux membres des sections du Génie civil et de Physique de visiter les nombreuses usines électriques installées dans la région. Ceux de nos lecteurs qui n'ont pu suivre le Congrès de la Houille blanche de 1902 pourront donc profiter du prochain congrès de l'A. F. A. S. pour prendre connaissance d'un pays non moins intéressant par ses installations électriques que par le pittoresque de ses sites.

Société française de Physique.

Dans sa séance du 15 janvier la Société française de Physique a procédé à l'élection de ses vice-président et vice-secrétaire et au renouvellement partiel de son Conseil.

M. H. DUFET, maître de conférences à l'École normale supérieure, a été élu vice-président; M. LANGEVIN, professeur-adjoint au Collège de France, vice-secrétaire.

Ont été nommés membres du Conseil pour une période de 3 ans : *Membres résidants :* Mme CURIE, professeur à l'École normale supérieure de Sèvres; MM. HAMY, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris; MARAGE, docteur ès Sciences; PERRIN, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris; *Membres non résidants :* MM. BLASERNA, professeur à l'Université de Rome; MAURAIN, Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Rennes; MICULESCU, professeur à l'Université de Bucarest; TISSOT, lieutenant de vaisseau, professeur à l'École navale de Brest.

Après les communications, dont une de M. TISSOT, *Sur l'effet enregistré par le détecteur magnétique,* le président sortant M. GARIEL prononce l'allocution d'usage et cède le fauteuil présidentiel à M. d'ARSONVAL, président pour 1904.



Tome I. — N° 3. **15 février 1904.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Charpentier, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, Guilbert, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Maurain, Pellissier, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

SOMMAIRE.

I. **Articles :** Conditions générales d'utilisation d'une batterie-tampon munie d'un survolteur automatique, par M. Sarrat p. 65; Application des transformateurs différentiels Lanhoffer à la charge des accumulateurs éclairant les trains de chemins de fer, par M. Aliamet, p. 72.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 77; Transmission et Distribution, p. 81; Traction, p. 86; Divers, p. 72.

III. **Brevets d'invention,** p. 91. — IV. **Bibliographie,** p. 93. — V. **Variétés et informations,** p. 94.

CONDITIONS GÉNÉRALES D'UTILISATION D'UNE BATTERIE-TAMPON
MUNIE D'UN SURVOLTEUR AUTOMATIQUE.

Nous nous proposerons d'analyser dans cette Note, en vue d'un examen d'ensemble, les conditions de fonctionnement des divers survolteurs susceptibles d'être adjoints à une batterie-tampon pour la régularisation de la charge d'une station génératrice de courant continu.

Cette question a déjà fait l'objet de plusieurs études fort intéressantes, de la part de différents auteurs. Aucun de ces derniers, cependant, ne nous paraît avoir défini d'une façon suffisamment complète le rôle joué par l'excitation à fil fin dans les survolteurs qui l'utilisent, ni s'être attaché à interpréter d'une manière un peu générale, selon des vues dérivées d'une conception unique, le mode d'action de ces dernières machines en ce qui concerne la régulation qu'elles doivent assurer.

Aussi bien le but principal de cette Note sera-t-il surtout de dégager, du nouvel exposé que nous allons faire du même sujet, une représentation générale des conditions qui régissent toute régulation réalisable par le moyen d'une batterie-tampon, et d'aboutir, comme conséquence, pour les divers éléments susceptibles d'influencer ces conditions, à des expressions simples, faciles à établir directement sans calcul spécial et s'appliquant également à tous les cas, quel que soit le type de la machine génératrice et du survolteur considérés.

Nous aurons recours, à cet effet, dans ce qui va suivre, à l'emploi des caractéristiques qui joignent à l'avantage de laisser entrevoir, de façon presque évidente, la plupart des résultats, celui de figurer clairement aux yeux le rôle bien distinct de chaque enroulement.

Nous adopterons les notations suivantes :

I_0, courant total exigé par le réseau ;

I, courant débité par la machine génératrice ;

$I' = I_0 - I$, courant débité par la batterie ;

I_m, intensité de régime de la machine correspondant au réglage opéré ;

E_0, tension de la machine génératrice à vide ;

E_1, voltage aux bornes de la machine (ou aux barres du tableau) pour le courant I ;

E_a, voltage d'équilibre de la batterie ;

V, voltage produit par l'excitation à fil fin du survolteur (compté positivement dans le sens de la décharge) ;

E'_0, E'_a, E'_1, V_0, valeurs des tensions E_0, E_a, E_1 et V au moment du réglage ;

R', résistance intérieure de la batterie ;

R_1 et R, résistances apparentes donnant respecti-

vement la mesure des réactions d'induit du survolteur et de la génératrice;

T' et T, nombres de spires inductrices du survolteur parcourues :

1° Par le courant *total* de la batterie;

2° Par le courant *total* de la machine.

K, tension donnée au survolteur par ampère-tour inducteur.

Nous poserons

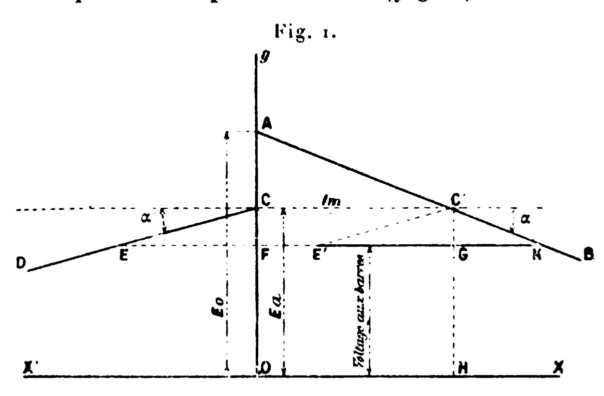
$$K' = \left(K - \frac{R_1}{T'}\right),$$

$$\frac{1}{r} = \frac{\Delta I}{\Delta I_0}, \qquad \frac{1}{s'} = \frac{\Delta I}{\Delta E_a}, \qquad \frac{1}{s''} = \frac{\Delta I}{\Delta E_0}.$$

I. Batterie-tampon directement branchée aux bornes d'une dynamo shunt. — Nous considérerons d'abord ce cas qui est le plus simple de tous ceux qui peuvent se présenter.

Représentons par AB et CD (*fig.* 1) les carac-

Fig. 1.



téristiques de la dynamo et de la batterie rapportées aux points de connexion aux barres du tableau, les débits respectifs des deux sources étant portés à droite et à gauche de la même origine O, et désignons par α et α' les angles aigus formés par chacune de ces caractéristiques avec l'axe des courants.

Pour $I_0 = CC'$ la batterie ne sera le siège d'aucun courant; on devra donc disposer de $AC = E_0 - E_a$, de telle sorte que $CC' = I_m$ représente la consommation moyenne du réseau.

Régularité. — Le diagramme (*fig.* 1) montre que, si la demande du réseau vient à s'accroître momentanément de $\Delta I_0 = E'K$ à partir de la valeur moyenne CC', la dynamo prendra de cet à-coup une part

$$\Delta I = GK,$$

telle que l'on ait

$$GK \tan\alpha = EF \tan\alpha'$$

ou

$$(1) \qquad \frac{\Delta I}{\Delta I_0} = \frac{\tan\alpha'}{\tan\alpha' + \tan\alpha}.$$

Il nous paraît logique de donner à ce dernier rapport, puisqu'il fixe le tantième pour lequel la machine est appelée à participer aux fluctuations de la demande du réseau, le nom de *coefficient d'irrégularité*.

Stabilité. — Une autre cause indépendante des variations de la charge du réseau peut encore influencer le régime de la dynamo.

Si l'une quelconque des tensions à vide E_0 ou E_a vient à subir, en effet, une variation

$$\Delta E = \Delta . AC,$$

on voit (*fig.* 2), comme

$$GK = G'K' \qquad \text{et} \qquad \Delta E = CG' + GC'',$$

que le courant débité par la machine variera de ce chef de

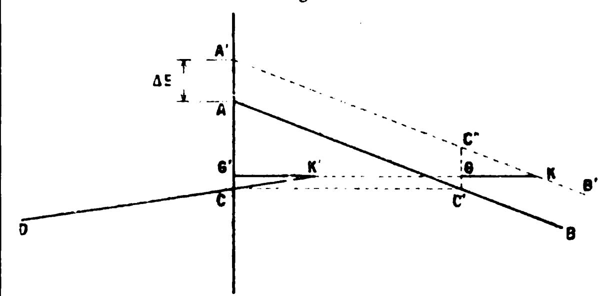
$$\Delta I = \frac{\Delta E}{\tan\alpha' + \tan\alpha},$$

d'où

$$(2) \qquad \frac{\Delta I}{\Delta E} = \frac{1}{\tan\alpha' + \tan\alpha}.$$

La somme des inclinaisons $s = \tan\alpha' + \tan\alpha$

Fig. 2.



caractérisera donc la stabilité du réglage établi.

D'une manière générale, nous désignerons par la suite sous le nom de *coefficient d'instabilité* le rapport $\frac{1}{s} = \frac{\Delta I}{\Delta E}$.

Les éléments $\frac{1}{r}$ et $\frac{1}{s}$, dont nous venons de faire ressortir la valeur dans cet exemple simple, seront suffisants pour définir complètement, dans tous les cas, les conditions de régulation propres à chaque système.

Nous n'aurons pas d'autre but, dans ce qui va suivre, que de fixer l'interprétation qu'il convient de donner aux inclinaisons $\tan\alpha$ et $\tan\alpha'$ des

relations (1) et (2), pour pouvoir étendre ces expressions de l'irrégularité et de l'instabilité aux cas usuels plus complexes.

Observation. — Dans le genre d'installation que nous venons d'envisager ci-dessus,

$$\operatorname{tang} \alpha' = R' \qquad \text{et} \qquad \operatorname{tang} \alpha = R$$

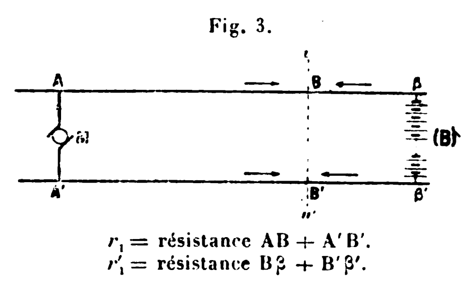
sont, en général, du même ordre de grandeur; il est donc clair que la régularité susceptible d'être obtenue dans ces conditions ne saurait être que très imparfaite, à moins d'employer une batterie d'une capacité tout à fait exagérée par rapport au service qu'elle devrait assurer.

On conçoit, par contre, qu'une simple batterie branchée en bout de ligne puisse devenir très efficace quand la ligne est assez longue, le coefficient d'irrégularité prenant alors la valeur

$$\frac{1}{r} = \frac{R' + r'_1}{R' + r'_1 + R + r_1},$$

où r_1 peut être relativement grand par rapport à $r'_1 + R'$ [r_1 et r'_1 représentant les résistances des deux portions de ligne indiquées (*fig.* 3)]. Les

Fig. 3.



r_1 = résistance AB + A'B'.
r'_1 = résistance Bβ + B'β'.

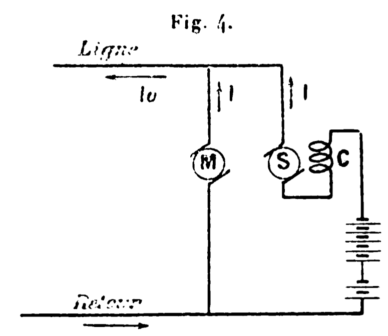
caractéristiques de la figure 1 qui, d'une manière générale, doivent s'entendre pour la différence de potentiel prise entre les points de partage des courants de la machine et de la batterie, doivent évidemment se rapporter, dans ce cas, aux deux points de la ligne et du retour situés au droit du point d'utilisation (*fig.* 3).

II. Survolteur compound. Cas de la dynamo shunt. — Pour rendre, par le moyen d'un survolteur, le courant débité par une dynamo shunt tout à fait indépendant de la demande du réseau, il s'agit évidemment d'annuler le coefficient d'irrégularité $\frac{1}{r}$, c'est-à-dire l'angle α' formé par la caractéristique résultante de l'ensemble de la batterie et du survolteur (que nous désignerons par abréviation, dans la suite, par les lettres B-S) avec l'horizontale CH (*fig.* 1).

Cette condition remplie demeure suffisante pour maintenir la constance du régime dans le cas de la dynamo shunt, parce que la stabilité reste assurée avec cette machine par la valeur relativement élevée de sa réaction d'induit.

Le survolteur compound (*fig.* 4) muni, pour

Fig. 4.



Survolteur compound.

son excitation, d'un simple enroulement série-batterie dont la fonction est d'obliger la batterie à se comporter comme si elle n'avait qu'une résistance intérieure égale à

$$R' - K'T',$$

résout donc entièrement ce cas, puisqu'il permet d'annuler $\operatorname{tang} \alpha'$ pour

$$K'T' = R' \quad (^1). \tag{3}$$

Il est bon de noter à ce propos que si l'on ne

---

(1) Théoriquement, T' doit donc se déduire par approximations successives des relations

$$K'T' = R' \quad \text{et} \quad K' = K - \frac{R_1}{T'};$$

on obtient ainsi :

1° $$K'_0 = K, \qquad T'_0 = \frac{R'}{K},$$

2° $$K'_1 = K\left(1 - \frac{R_1}{R'}\right).$$

(*a*) $$T'_1 = \frac{R'}{K\left(1 - \frac{R_1}{R'}\right)},$$

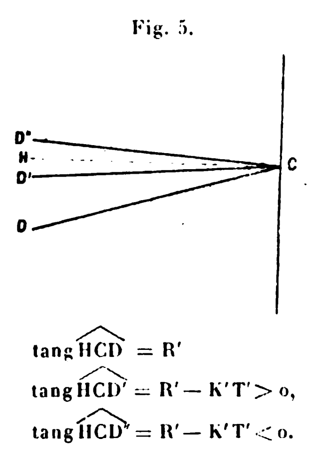
3° $$K'_2 = K\left[1 - \frac{R_1}{R'}\left(1 - \frac{R_1}{R'}\right)\right],$$

$$T'_2 = \frac{R'}{K\left[1 - \frac{R_1}{R'}\left(1 - \frac{R_1}{R'}\right)\right]}.$$

Mais il est évidemment amplement suffisant de s'en tenir pour T' à la valeur (*a*) résultant de la seconde approximation.

dispose pas de shunt approprié pour régler T′ de manière à satisfaire exactement à la relation (3), il y a lieu d'opérer de préférence le réglage de façon que la caractéristique du groupe (B-S) se maintienne au-dessous de l'horizontale, pour les courants de décharge, soit en CD′ au lieu de CD″ (*fig.* 5); car, ainsi que l'indique directement

Fig. 5.

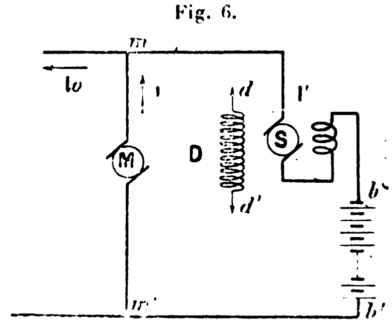


$\tan \widehat{HCD} = R'$
$\tan \widehat{HCD'} = R' - K'T' > 0,$
$\tan \widehat{HCD''} = R' - K'T' < 0.$

le diagramme (*fig.* 1), de même que la valeur négative de $\frac{1}{r}$, le réglage qui correspondrait à la position CD″ de la caractéristique précitée serait tout à fait *irrationnel,* attendu qu'il obligerait la dynamo à participer aux variations du courant du réseau dans un sens inverse de celui dans lequel ces variations se produisent.

III. Survolteur compound avec excitation shunt en jeu (*fig.* 6). — On peut se trouver

Fig. 6.



Survolteur compound avec excitation à fil fin branchée aux points *mm′* ou aux bornes *bb′*.

conduit à utiliser l'excitation à fil fin d'un survolteur compound, pendant la marche en tampon de la batterie :

1° Lorsque le champ de variation du voltage de la machine génératrice n'est pas assez étendu pour permettre à celle-ci de suivre les variations éventuelles du voltage d'équilibre de la batterie.

2° Quand on veut maintenir aux barres du tableau une tension rigoureusement fixe malgré les variations qui peuvent affecter le voltage d'équilibre de la batterie, lorsque la charge moyenne du réseau subit des variations importantes à de longs intervalles de périodicité.

Nous allons examiner ci-après l'influence de cette excitation sur les conditions de régulation de la charge de l'usine, d'abord au point de vue de la régularité, puis au point de vue de la stabilité.

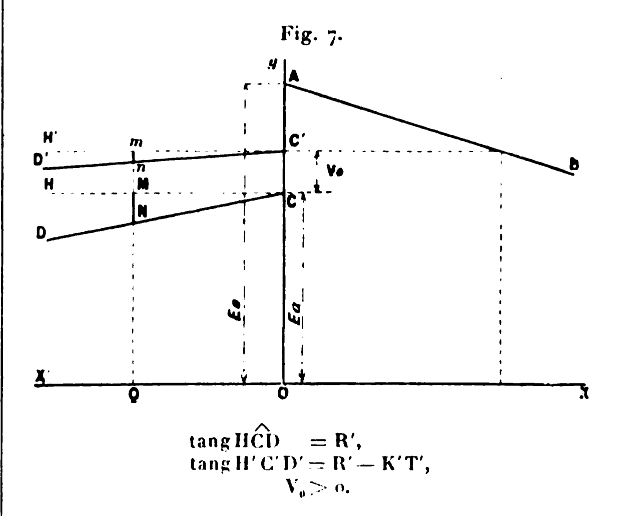
1° Régularité. — Deux cas distincts sont à considérer suivant que l'excitation à fil fin se trouve branchée aux bornes de la batterie ou bien aux barres du Tableau.

a. L'excitation shunt est prise aux bornes de la batterie. — La condition $K'T' = R'$ précédemment indiquée n'est suffisante, pour assurer l'horizontalité de la caractéristique du groupe (B-S), que si le fil fin se trouve branché aux barres du tableau.

Dans le cas qui nous occupe, la condition ci-dessus se trouvant réalisée, le débit de la dynamo se ressentirait des fluctuations de la charge du réseau.

Effectivement, qu'advient-il si l'on maintient le réglage $K'T' = R'$ dans le présent dispositif?

Fig. 7.



$\tan \widehat{HCD} = R',$
$\tan H'C'D' = R' - K'T',$
$V_0 > 0.$

Le voltage V, dû à l'enroulement shunt, n'est plus fixe comme précédemment; par exemple, pour un courant de décharge égal à OQ (*fig.* 7), il différera de sa valeur initiale $V_0 = CC'$ d'une

quantité *mn* telle que l'on ait

$$\frac{Mn}{NQ} = \frac{C'C}{CO} = \frac{C'C - Mn}{CO - NQ}$$

ou

$$\frac{mn}{MN} = \frac{V_0}{E_a},$$

c'est-à-dire que tout se passera comme si la résistance intérieure de la batterie s'était accrue dans le rapport

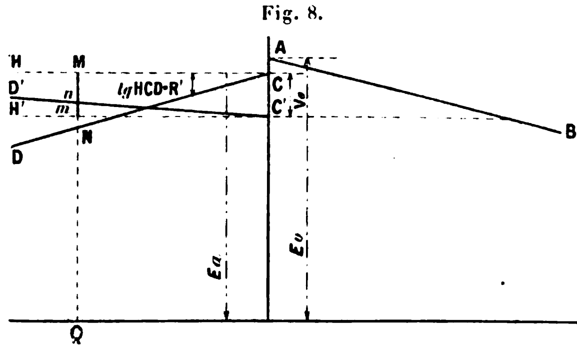
$$1 + \frac{V_0}{E_a}.$$

Il suffit donc, en ce cas, pour rendre le débit de la machine tout à fait indépendant de la demande du réseau, d'opérer le réglage de T' de telle sorte que l'on ait

$$(4) \qquad K'T' = R'\left(1 + \frac{V_0}{E_a}\right).$$

Nous ferons remarquer, à ce propos, que la conclusion formulée au sujet du cas $V_0 < 0$ dans l'importante étude de M. Lamar Lyndon, qui a été publiée il y a quelques mois dans *L'Éclairage électrique* [1] : « Qu'un montage dans lequel la force électromotrice due à l'excitation shunt s'opposerait à la force électromotrice de la batterie serait irrationnel parce que l'intensité de la machine varierait en raison inverse de l'intensité extérieure » (*fig.* 8) ne nous paraît pas

Fig. 8.



C'D' caractéristique résultante du groupe (B — S) pour

$$R' = K'T', \qquad \tang C'D'H' = \frac{R'V_0}{E_a}.$$

pouvoir être maintenue sous cette forme : car il résulte bien, de ce qui précède, qu'au seul point de vue de la régulation, ce n'est pas précisément le montage qui serait défectueux, mais bien le réglage adopté, attendu qu'il suffit, pour annuler l'irrégularité, de se conformer à la relation (4) ci-dessus indiquée.

Il y a lieu seulement de retenir que le cas $V_0 < 0$ doit être évité en raison de l'inconvénient qu'il présente d'exiger sans profit une batterie d'un plus grand nombre d'éléments.

Il résulte de ce que nous venons de voir que le voltage aux bornes extrêmes du groupe (B-S) suit, en fonction du courant I', une loi linéaire dont la tangente angulaire est exprimée par

$$(5) \qquad \tang \alpha' = R'\left(1 + \frac{V_0}{E_a}\right) - K'T',$$

valeur qu'il suffit évidemment de substituer dans (1) pour obtenir l'expression générale de l'irrégularité qui convient au cas envisagé.

b. L'excitation à fil fin est branchée aux barres du tableau. — Nous avons vu que la condition à satisfaire, pour annuler $\frac{1}{r}$, est alors

$$K'T' = R'.$$

Nous établirons néanmoins ci-après, pour rester dans la généralité, l'expression de l'irrégularité qui convient à ce cas.

Le diagramme (*fig.* 1), où

$$\begin{cases} \tang \alpha = R, \\ \tang \alpha' = R' - K'T', \end{cases}$$

nous montre que, pour une variation du courant du réseau,

$$\Delta I_0 = GK + FE,$$

on aurait, si V restait fixe, une variation correspondante du courant de la dynamo égale à

$$\Delta I = GK = \Delta I_0 \frac{\tang \alpha'}{\tang \alpha' + \tang \alpha}.$$

Mais le voltage dû à l'excitation shunt variant de

$$\Delta V = \frac{V_0}{E'_1} \Delta E_1 = -\frac{V_0}{E'_1} R \Delta I,$$

la caractéristique du groupe (B-S) viendra de CD en C'D', et le déréglage ΔI sera tel que l'on ait (*fig.* 9)

$$\Delta I' \tang \alpha' - \Delta V = R \Delta I,$$

d'où, comme

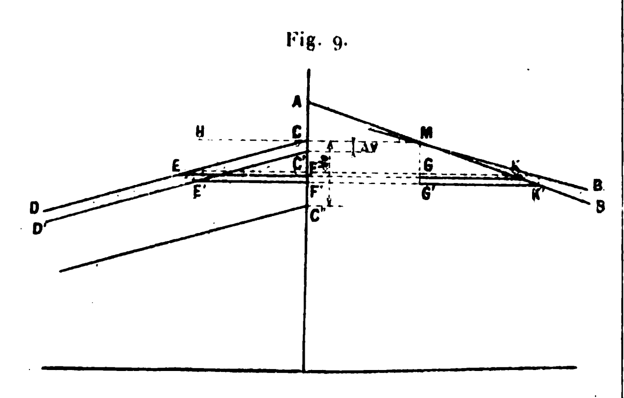
$$I_0 = I + I',$$

$$(6) \qquad \frac{1}{r} = \frac{\Delta I}{\Delta I_0} = \frac{\tang \alpha'}{\tang \alpha' + R\left(1 - \frac{V_0}{E'_1}\right)}.$$

[1] T. XXXIII, p. 299 et suiv., novembre 1902.

L'excitation à fil fin influe donc, cette fois, sur la valeur du terme correspondant à la réaction

Fig. 9.



de la dynamo, et tout se passe ainsi au point de vue de la régularité de la charge de la machine comme si l'on avait substitué à la caractéristique **AB** une caractéristique fictive MB' (¹) présentant une inclinaison égale à

$$(7) \qquad \text{tang}\,\alpha = R\left(1 - \frac{V_0}{E'_1}\right).$$

Remarque. — Nous pouvons donc dire, pour marquer le premier pas que nous venons de faire dans la voie de la généralisation de la relation fondamentale (1), que l'expression

$$\frac{1}{r} = \frac{\text{tang}\,\alpha'}{\text{tang}\,\alpha' + \text{tang}\,\alpha}$$

s'applique encore au cas du survolteur compound même muni d'une excitation shunt en jeu, et quel que soit le mode de branchement de celle-ci, à la condition d'assigner à tang α et à tang α' les valeurs ci-après :

$$(8) \qquad \begin{cases} \text{tang}\,\alpha = R\,(1 - n), \\ \text{tang}\,\alpha' = R'(1 + n) - K'T', \end{cases}$$

où $n = \left(\frac{V_0}{E'_a} \text{ ou } \frac{V_0}{E'_1}\right)$ doit être annulé dans celui des deux termes correspondant à la source qui n'alimente pas directement l'excitation shunt du survolteur.

2° Stabilité. — Il y a lieu de distinguer entre le facteur de stabilité $s' = \frac{\Delta E_a}{\Delta I}$ rapporté au voltage d'équilibre de la batterie et le facteur de stabilité $s'' = \frac{\Delta E_0}{\Delta I}$ rapporté à la force électromotrice de la dynamo.

Ces deux éléments n'ont, en effet, rigoureusement la même valeur que si le survolteur ne comporte pas d'excitation à fil fin en service; ils correspondent, d'ailleurs, à des desiderata tout à fait différents.

Or, les valeurs que nous avons définies plus haut (8) pour tang α et tang α' conviennent également pour la généralisation de l'expression du coefficient de stabilité (¹)

$$(2') \qquad s = \pm(\text{tang}\,\alpha + \text{tang}\,\alpha')$$

que nous avons indiquée dès l'origine.

Cette expression représente encore, en effet, la valeur du coefficient de stabilité (s' ou s'') rapporté à la force électromotrice dont les variations ne se répercutent pas directement sur l'excitation à fil fin.

Pour obtenir l'autre coefficient, il suffit de diviser la valeur $s = \pm(\text{tang}\,\alpha + \text{tang}\,\alpha')$ par $(1 + n)$ ou par $(1 - n)$ suivant que les variations de force électromotrice considérées se rapportent à la batterie ou à la machine.

Bien que cette règle soit à peu près évidente après ce qui a déjà été dit, nous en ferons ci-après la vérification directe, dans chaque cas, pour le survolteur qui nous occupe.

1° *Stabilité* (²) *relative au voltage d'équi-*

(¹) Nous employons par extension, pour la ligne MB', la dénomination de *caractéristique fictive*, parce que cette ligne, en fixant la mesure des déréglages susceptibles d'affecter le régime de la génératrice du fait des fluctuations de la charge du réseau, généralise par là une des propriétés qui appartiennent à la caractéristique réelle de la machine dans le cas où le survolteur ne comporte pas d'excitation shunt en jeu ou bien quand celle-ci se trouve directement régie par la batterie.

Comme il n'y a pas de chute de tension correspondant au terme $-R\frac{V_0}{E'_1}$ dans le circuit de la dynamo, la ligne MB' ne représente pas la loi de variation du voltage aux bornes de la machine en fonction du courant débité; la désignation de *caractéristique fictive* que nous lui avons appliquée empêchera, d'ailleurs, toute confusion à cet égard.

(¹) Le signe + se rapporte au coefficient $s'' = \frac{\Delta E_0}{\Delta I}$, tandis que le signe — correspond au coefficient $s' = \frac{\Delta E_a}{\Delta I}$.

(²) Nous avons vu que le point M [dont l'ordonnée représente le voltage aux extrémités de l'ensemble (B-S) et l'abscisse le courant débité] ne se meut sur une ligne

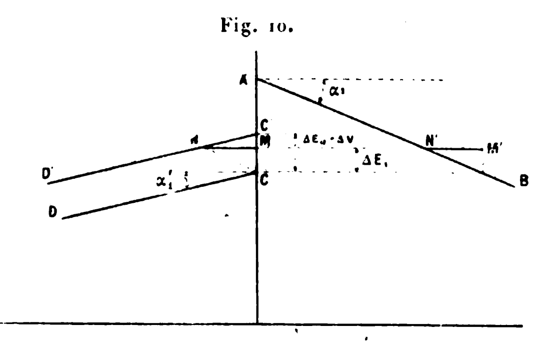
libre de la batterie. — *a.* L'excitation shunt est branchée aux bornes de la batterie.

Le diagramme (*fig.* 10), dans lequel

$$\text{tang}\,\alpha_1 = R,$$
$$\text{tang}\,\alpha'_1 = R' - K'T',$$

montre qu'une variation ΔE_a du voltage d'équi-

Fig. 10.



libre de la batterie déterminera une variation du courant I égale à

$$(9) \qquad \Delta I = \frac{-CC'}{\text{tang}\,\alpha_1 + \text{tang}\,\alpha'_1}$$

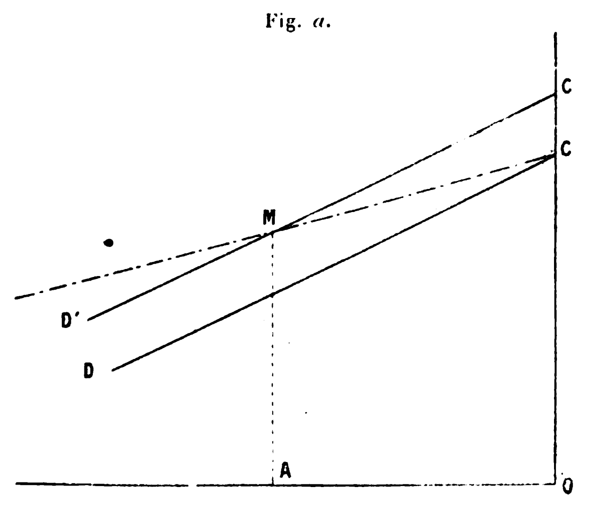
(C'D' représentant la nouvelle position de la

---

droite que lorsque la batterie alimente l'excitation shunt du survolteur.

Afin de pouvoir appliquer un même diagramme à l'examen des deux cas *a* et *b* pour le calcul des coefficients de stabilité, nous avons considéré ci-dessus le point M figuratif d'un régime comme se trouvant déterminé par l'ordonnée QM et la caractéristique CD

Fig. *a*.



(qui suppose V constant) supposée déplacée parallèlement à elle-même en C'D' (*fig. a*) de telle sorte que

$$CC' = \Delta V.$$

caractéristique du groupe B-S), d'où, comme

$$CC' = \Delta E_a + \Delta V,$$

et que

$$\Delta V = \frac{V_0}{E'_a}(\Delta E_a + R'\Delta I),$$

$$(10) \qquad \frac{1}{s'_a} = \frac{\Delta I}{\Delta E_a} = \frac{-\left(1 + \frac{V_0}{E'_a}\right)}{R'\left(1 + \frac{V_0}{E'_a}\right) - K'T' + R};$$

soit, d'après (8),

$$(10') \qquad \frac{1}{s'_a} = -(1+n)\frac{1}{\text{tang}\,\alpha + \text{tang}\,\alpha'}.$$

b. L'excitation shunt est branchée aux barres du tableau.

En ce cas,

$$\Delta V = \frac{V_0}{E'_1}\Delta E_1,$$

et, comme

$$\Delta E_1 = -\Delta I\,\text{tang}\,\alpha_1,$$
$$\Delta V = -\frac{V_0}{E'_1}\Delta I\,\text{tang}\,\alpha_1.$$

Portant cette valeur dans (9), il vient

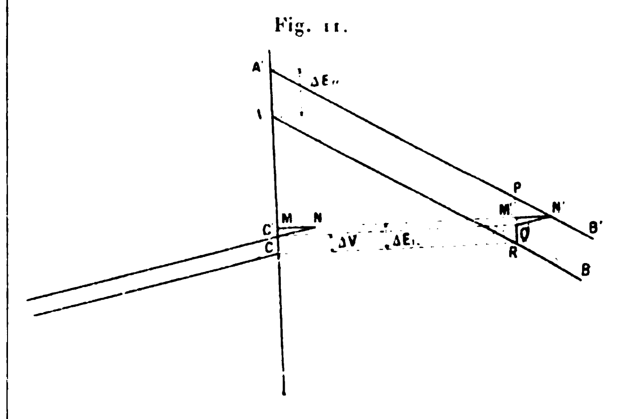
$$(11) \qquad \frac{1}{s'_b} = \frac{\Delta I}{\Delta E_a} = \frac{-1}{R' - K'T' + R\left(1 - \frac{V_0}{E'_1}\right)},$$

ou, d'après (8),

$$(11') \qquad \frac{1}{s'_b} = \frac{-1}{\text{tang}\,\alpha + \text{tang}\,\alpha'}.$$

2° *Stabilité relative à la force électromotrice de la dynamo.* — *b.* L'excitation shunt est prise aux barres du tableau.

Fig. 11.



Il résulte de la figure 11 ci-contre, dans laquelle

$$\text{tang}\,\alpha_1 = R,$$
$$\text{tang}\,\alpha'_1 = R' - K'T',$$

que, pour une variation arbitraire ΔE_0 de la force électromotrice de la dynamo, il s'ensuivra, pour le régime de cette machine, un déréglage égal à

$$(9') \quad \Delta I = \frac{PQ}{\tan g \alpha_1 + \tan g \alpha'_1} = \frac{\Delta E_0 - \Delta V}{\tan g \alpha_1 + \tan g \alpha'_1}.$$

Or, on a

$$\Delta V = \frac{V_0}{E'_1} \Delta E_1,$$

et, comme

$$\Delta E_1 = \Delta E_0 - \Delta I \tan g \alpha_1,$$
$$\Delta V = \frac{V_0}{E'_1} (\Delta E_0 - \Delta I \tan g \alpha_1),$$

valeur qui, portée dans (9), conduit à l'expression

$$(12) \quad \frac{1}{s''_b} = \frac{\Delta I}{\Delta E_0} = \frac{1 - \frac{V_0}{E'_1}}{R' - K'T' + R\left(1 - \frac{V_0}{E'_1}\right)},$$

ou, d'après les relations (8),

$$(12') \quad \frac{1}{s''_b} = (1 - n) \frac{1}{\tan g \alpha + \tan g \alpha'}.$$

a. L'excitation shunt est prise aux bornes de la batterie.

Raisonnant comme précédemment, on peut écrire, dans ce cas,

$$\Delta V = \frac{V_0}{E'_a} R' \Delta I,$$

et, par suite,

$$(13) \quad \frac{1}{s''_a} = \frac{\Delta I}{\Delta E_0} = \frac{1}{R'\left(1 + \frac{V_0}{E'_a}\right) - K'T' + R},$$

c'est-à-dire

$$(13') \quad \frac{1}{s''_a} = \frac{1}{\tan g \alpha + \tan g \alpha'}.$$

Les valeurs (10), (11), (12) et (13), que nous venons de déterminer directement, confirment donc bien la règle énoncée au début de ce paragraphe relativement à l'extension de l'expression (2) du coefficient d'instabilité au cas du survolteur qui vient d'être considéré.

Remarque. — Le rapport $n = \frac{V_0}{E'_a}$ ou $\frac{V_0}{E'_1}$, qui intervient dans les expressions de $\frac{1}{r}$ et de $\frac{1}{s}$ précédemment établies, ne représente en général, pour le survolteur compound, qu'une valeur tout à fait négligeable, attendu que V_0 est seulement égal au voltage de compensation requis, soit

$$V_0 = E'_1 - E'_a.$$

Mais, dans le cas du survolteur différentiel que nous allons examiner ci-après, l'influence de l'excitation à fil fin sera beaucoup plus sensible, parce que le rôle de cette excitation consistera surtout, dans ce survolteur, à équilibrer l'action inductrice exercée par l'enroulement série-dynamo qu'il comporte, pour le courant de régime de la machine. (*A suivre.*)

SARRAT,
Ingénieur à la Compagnie russe-française de Chemins de fer et Tramways, Bruxelles.

APPLICATION DES TRANSFORMATEURS DIFFÉRENTIELS LANHOFFER

A LA CHARGE DES ACCUMULATEURS ÉCLAIRANT LES TRAINS DE CHEMINS DE FER ([1]).

La Compagnie du Nord éclaire un grand nombre de ses trains au moyen de lampes électriques à incandescence, alimentées par des accumulateurs placés dans chaque voiture, de manière à rendre celles-ci indépendantes.

Suivant la méthode préconisée par M. E. Sartiaux, ingénieur, chef des Services électriques de la Compagnie, les accumulateurs des voitures constituant un train sont chargés pendant les stationnements en groupant les batteries du train en tension.

Ce système réalise les conditions les plus économiques et rend les installations de charge excessivement simples ; il est, du reste, consacré par une pratique déjà longue.

On se heurte cependant à une difficulté d'ex-

([1]) *Voir* dans le précédent numéro, p. 33, l'article de M. ALIAMET sur *Le transformateur à courant continu à tension différentielle* (système Lanhoffer).

ploitation assez sérieuse, difficulté qui résulte de ce fait que les divers trains ont un nombre de voitures variant d'un jour à l'autre suivant les besoins du service.

La tension de charge varie donc d'un train à l'autre et d'un jour au suivant.

D'ailleurs, les divers trains sont chargés dans les gares disposant de stations d'éclairage électrique; il n'y a pas, à proprement parler, de stations spéciales pour la charge des accumulateurs des voitures.

Pour conserver les bénéfices et la simplicité de la charge en série, il était indispensable de pouvoir trouver des machines donnant une tension variable et appropriée aux besoins de ce service spécial.

En pratique, la charge d'un train exige un courant de 30 à 35 ampères fournis sous une tension qui peut varier de 140 à 500 volts suivant le nombre des voitures.

Ce problème a été résolu par l'emploi des machines Lanhoffer.

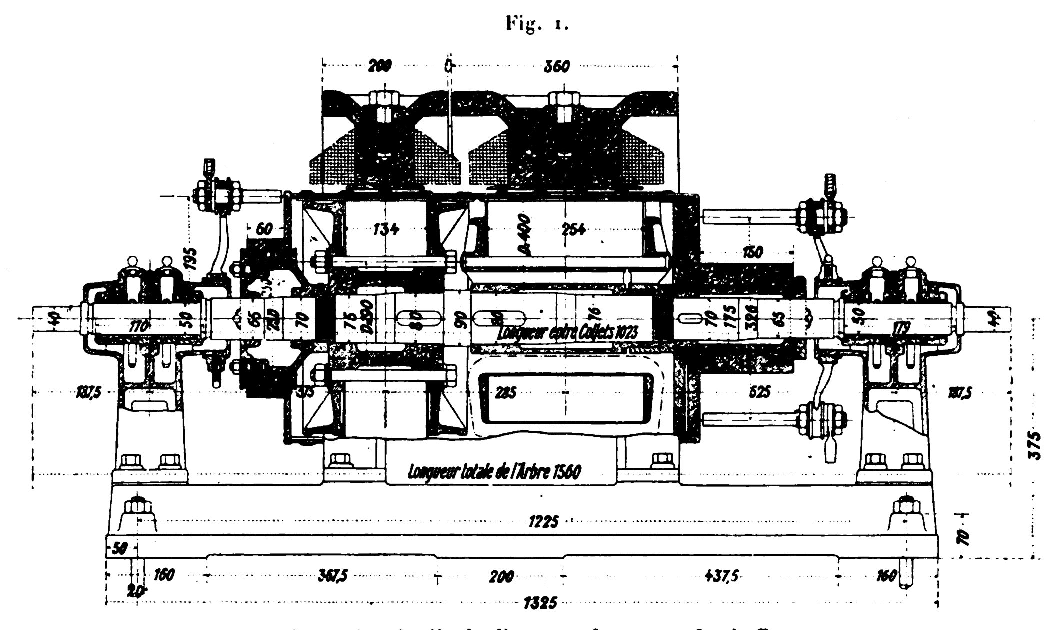
Dans quelques cas on emploie le type de machine différentielle schématiquement représenté par la figure de la page 34 du précédent numéro. Ces machines sont alors entraînées mécaniquement.

Dans un grand nombre d'usines ne possédant pas de force motrice et qui sont alimentées par des transmissions d'énergie à haute tension, il n'était pas possible d'entraîner mécaniquement les dynamos Lanhoffer. Le même cas se présente dans les usines où les moteurs à vapeur attaquent directement les dynamos. On pouvait seulement fournir aux machines Lanhoffer, soit du courant continu sous 115 volts, soit des courants diphasés sous 85 volts.

C'est donc dans ces usines qu'on emploie surtout les transformateurs à tension variable.

Transformateur Lanhoffer alimenté par courant continu. — Les figures 1 et 2 montrent les détails de construction du transformateur alimenté par courant continu sous 115 volts.

Fig. 1.



Coupe longitudinale d'un transformateur Lanhoffer.

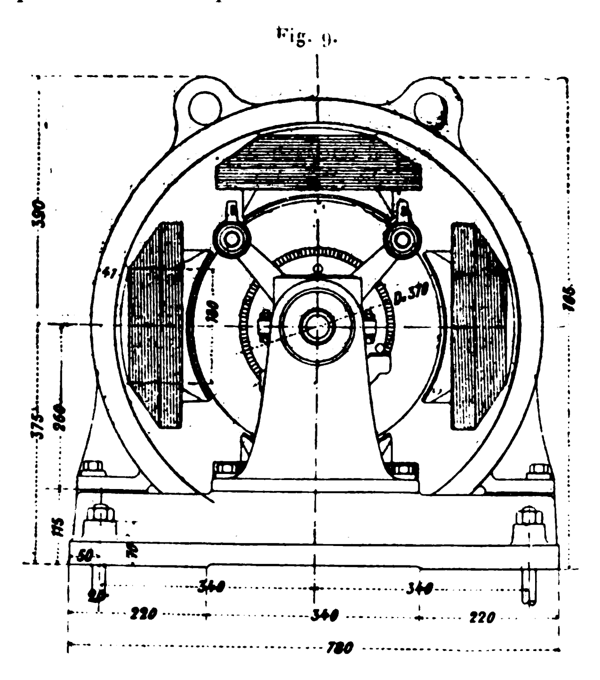
Cette machine se compose de deux noyaux induits clavetés sur un arbre commun et tournant dans des coussinets munis de graisseurs à bague.

La carcasse des inducteurs a la forme d'une couronne cylindrique en acier coulé, reposant sur le socle par l'intermédiaire de pattes venues de fonte. Quatre saignées de 5^{mm} de largeur, pratiquées perpendiculairement à l'axe de la carcasse suffisent à séparer les deux circuits magnétiques de la machine.

Les pôles, disposés radialement, sont au nombre

de huit, quatre pour le côté récepteur et quatre pour le côté compensateur.

Fig. 9.



Vue en bout d'un transformateur Lanhoffer.

Voici les principales données de construction du transformateur :

Inducteurs. — Diamètre extérieur de la couronne en acier coulé, 730^{mm}.

Diamètre intérieur, 648^{mm}.

Longueur de la couronne parallèlement à l'axe, 560^{mm}.

Noyaux des électros, côté récepteur, 180^{mm} de large perpendiculairement à l'axe sur 180^{mm} d'épaisseur comptée parallèlement à l'axe.

Noyaux des électros, côté compensateur, 180^{mm} de large sur 96^{mm} d'épaisseur.

Hauteur des noyaux, 105^{mm}.

Alésage polaire, 410^{mm}.

Section des noyaux, côté récepteur, 324$^{cm^2}$.

Section des noyaux, côté compensateur, 173$^{cm^2}$.

Section de la couronne, côté récepteur, 147$^{cm^2}$,5.

Section de la couronne, côté compensateur, 82$^{cm^2}$.

Bobines inductrices, côté récepteur, 4 bobines, ayant chacune 930 spires en fil de cuivre de 1^{mm},6 de diamètre.

Résistance à 30° C. de ces quatre bobines montées en série, 26 ohms.

Bobines inductrices, côté compensateur, 4 bobines, ayant chacune 975 spires en fil de cuivre de 1^{mm},6 de diamètre.

Résistance à 30° C. de ces quatre bobines montées en tension, 26 ohms.

Induit. — 1° Côté récepteur : diamètre extérieur du noyau, 400^{mm}.

Diamètre intérieur, 190^{mm}.

Longueur, 250^{mm}.

52 entailles ouvertes (largeur, 10^{mm},5 ; profondeur, 35^{mm}).

Bobinage Gramme, 3 spires en câble de 19 fils de 1^{mm},3 par entaille.

Résistance de l'enroulement Gramme à 40°C. entre balais, 0,0062 ohm.

Nombre de lames du collecteur, 52.

2° Côté compensateur : diamètre extérieur du noyau, 400^{mm}.

Diamètre intérieur, 190^{mm}.

Longueur, 130^{mm}.

52 entailles ouvertes (largeur, 10^{mm},5 ; profondeur, 10^{mm},5).

Bobinage en tambour, enroulement ondulé en série.

Chaque entaille comporte 4 fils de 3^{mm},4.

Le nombre total des spires est de 206 pour l'enroulement en tambour qui est réparti sur les deux noyaux induits.

Résistance entre balais à 35°C., 0,0812 ohm.

Nombre de lames du collecteur, 103.

Entrefer, 5^{mm}.

A pleine charge et à la vitesse angulaire de 1250 tours par minute, cette machine peut fournir 60 ampères sous une tension quelconque comprise entre 100 et 550 volts, le côté récepteur étant alimenté sous 115 volts ainsi que les électros inducteurs. Les balais sont en charbon et le calage est invariable, quel que soit le débit.

Le rendement industriel atteint 82 pour 100 à pleine charge (33 kw), ce qui est un chiffre élevé pour un transformateur à courant continu.

Quand la machine est entraînée mécaniquement, le rendement est voisin de $\sqrt{0,82} = 0,91$.

Les dimensions d'encombrement de la machine sont : largeur, 0^{m},78 ; longueur, 1^{m},56 ; hauteur, 0^{m},76.

La figure 3 montre le schéma d'installation et du montage du transformateur Lanhoffer représenté figures 1 et 2.

Le courant à 115 volts arrive au tableau A après avoir traversé un compteur et un ampère-

mètre. Il est envoyé au collecteur du côté récepteur par l'intermédiaire d'un interrupteur bipolaire et d'un rhéostat de démarrage.

L'excitation du côté compensateur est réglée par un rhéostat B, accompagné d'un inverseur I.

La valeur de E est de 300 volts et ε peut varier de 0 à ± 250 volts; suivant qu'on veut obtenir une tension supérieure ou inférieure à 300 volts, l'inverseur est placé dans une des deux positions qu'il peut occuper. Le rhéostat permet alors d'ajuster la tension au collecteur F à la valeur nécessaire.

Fig. 3.

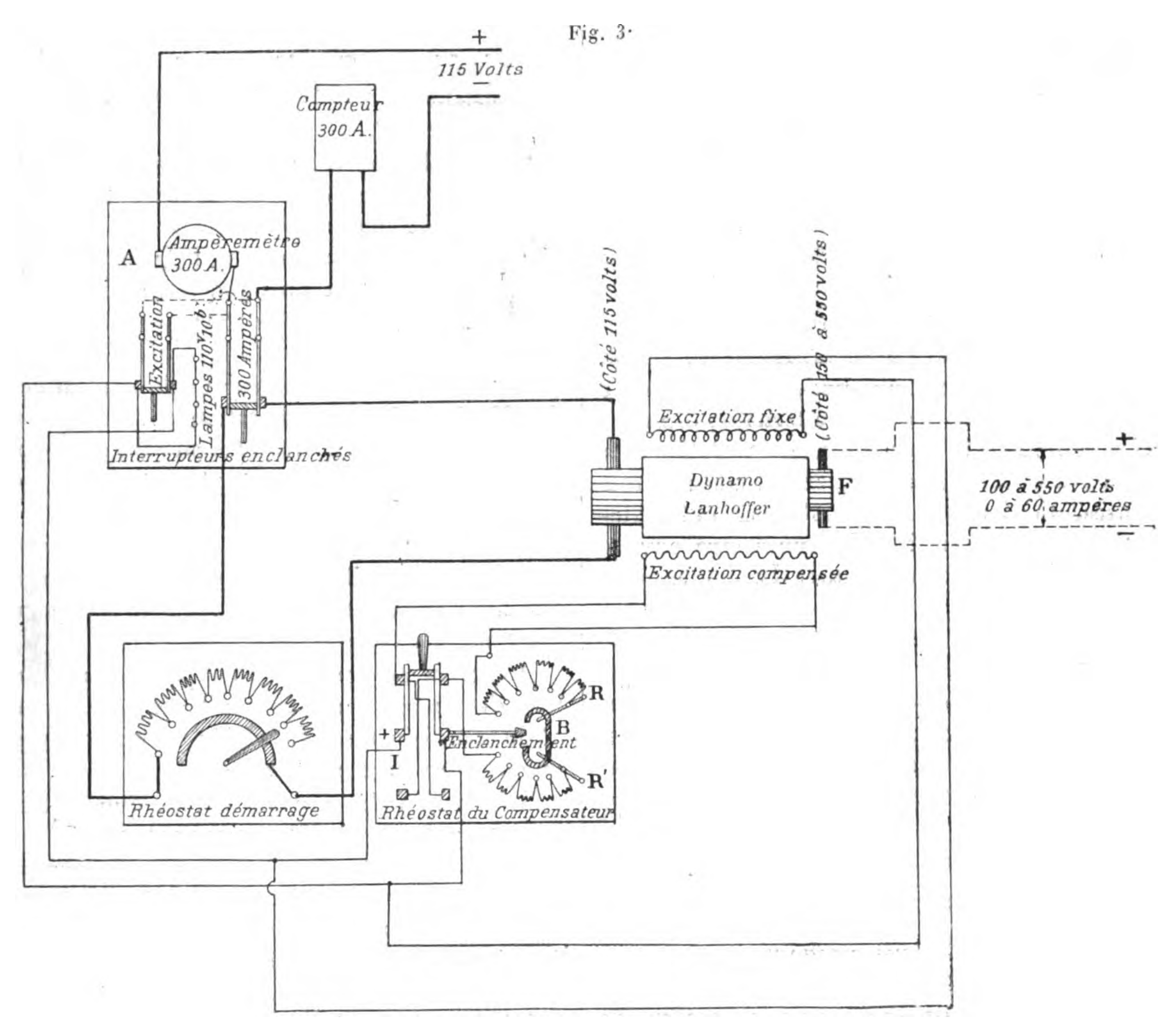


Schéma de montage d'un transformateur Lanhoffer.

La manette R du rhéostat sert à faire varier la tension par fractions importantes et la manette R' a pour objet d'obtenir les variations intermédiaires.

Avec un petit nombre de touches, cette disposition permet d'atteindre des variations aussi progressives que celles qu'on obtiendrait si le rhéostat comportait un très grand nombre de plots; la résistance totale du côté R' est, en effet, égale à l'une quelconque des résistances R.

Un enclenchement relie l'inverseur aux manettes RR'; il ne peut être manœuvré que lorsque la résistance est maximum.

L'interrupteur d'excitation du tableau de démarrage est de même enclenché avec l'interrupteur principal; ce dernier ne peut être fermé que lorsque le transformateur est excité, condition nécessaire pour éviter toute fausse manœuvre. Afin de supprimer les étincelles d'extra-courant qui se produisent lorsqu'on ouvre l'interrupteur

d'excitation, celui-ci est shunté par des lampes à incandescence formant circuit de décharge pour l'extra-courant de rupture.

Sans cette précaution, l'isolement des bobines inductrices pourrait être détruit lors de l'ouverture du circuit d'excitation.

Pour faire varier la tension du côté compensateur entre o et + ou — 250 volts, il faut nécessairement un rhéostat d'une résistance considérable. Il est plus avantageux d'exciter le côté compensateur par une dérivation prise sous une tension variable entre o et 110 volts. Un rhéostat de 20 à 25 ohms, branché sous 110 volts, peut servir de potentiomètre et permettre de réaliser l'excitation sous tension variable.

TRANSFORMATEUR LANHOFFER ALIMENTÉ PAR COURANTS DIPHASÉS. — La Compagnie du Nord, disposant, dans quelques-unes des stations de charge des trains, de courants alternatifs diphasés sous 6000 volts, il était intéressant d'alimenter les machines Lanhoffer directement par courants diphasés, au lieu de les transformer préalablement en courant continu destiné à être envoyé ensuite dans un transformateur Lanhoffer analogue à celui décrit ci-dessus.

Voici comment le problème a été résolu par la maison Bréguet :

Le collecteur du bobinage récepteur (*fig.* 1) est supprimé et remplacé par des bagues. Ces bagues, au nombre de quatre, sont reliées respectivement à quatre points situés à 90 degrés sur l'enroulement.

Des frotteurs amènent aux bagues des courants diphasés fournis sous 85 volts $\left(\frac{120}{\sqrt{2}}\right)$, à la fréquence de 42 périodes par seconde.

A cet effet, un transformateur statique, alimenté sous 6000 volts, abaisse à 85 volts la tension des courants diphasés.

Le transformateur Lanhoffer ainsi muni de bagues se comporte comme un moteur synchrone et non comme une commutatrice, l'enroulement moteur étant distinct du bobinage générateur de courant continu.

Il suffit donc de mettre convenablement en marche la machine synchrone pour éviter toute perturbation sur le réseau alternatif. Pour cela, il faut faire démarrer le transformateur Lanhoffer et l'amener à une vitesse voisine du synchronisme.

Ce n'est qu'alors qu'on le relie à la source des courants diphasés, en effectuant l'*accrochage* d'après les indications fournies par des lampes de phases.

Afin de mettre la machine en vitesse, on utilise sa propriété de fonctionner à vitesse variable sous voltage constant.

On la fait, en effet, démarrer à l'aide du courant restant encore dans les batteries d'accumulateurs à charger.

Suivant le nombre de batteries couplées en tension, ce voltage varie, mais, en réglant convenablement le courant d'excitation du côté compensateur, on arrive toujours à faire tourner la machine à la vitesse de 1200 tours. C'est à peu près cette vitesse qui correspond au synchronisme.

Une fois le transformateur Lanhoffer accroché, il suffit de varier son excitation convenablement pour le faire débiter et mettre en charge les batteries qui avaient momentanément servi au démarrage.

Sans entrer dans plus de détails au sujet de cette manœuvre, il est intéressant de remarquer que les accumulateurs à charger servent préalament au démarrage de la machine.

Il est même inutile de couper le circuit des batteries entre le moment du démarrage et celui où le transformateur Lanhoffer, devenant générateur, les charge effectivement.

Il y a lieu de signaler encore que le transformateur Lanhoffer, fonctionnant dans le cas actuel en moteur synchrone, il est avantageux de munir ses inducteurs (côté récepteur) d'amortisseurs système Leblanc, amortisseurs dont la description et les propriétés sont aujourd'hui devenues classiques. On est ainsi certain de la stabilité et l'on évite toute chance de décrochage pendant la marche si le réseau est exposé à subir quelques fluctuations.

En résumé, les divers types de machines Lanhoffer qui viennent d'être décrits présentent des avantages multiples permettant d'en recommander l'emploi dans tous les cas où l'on demande à une machine génératrice la possibilité de fournir du courant sous un voltage variable dans des limites très étendues et aussi progressivement qu'on le désire.

L'emploi de ces machines est également à re-

commander lorsqu'on exige d'un moteur électrique de très grandes variations de vitesse, bien qu'on l'alimente sous tension constante.

C'est comme transformateurs à tension variable que les machines Lanhoffer sont employées à la Compagnie du Chemin de fer du Nord pour la charge des accumulateurs des trains. La Compagnie du Chemin de fer de Ceinture, ayant adopté la même disposition pour charger les batteries des voitures de ses trains, emploie également pour ce service les machines Lanhoffer.

M. ALIAMET.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Notes sur les groupes électrogènes turbines à vapeur-dynamos, par GEO. WILKINSON. Communication faite à la séance du 22 octobre 1903, de la Section de Leeds, de l'Institution of Electrical Engineers. (*Electrician*, t. LII, p. 19-23, 23 octobre 1903.)

On reconnaît aujourd'hui que, là où l'on dispose de l'eau nécessaire à la condensation, la turbine à vapeur appliquée à la commande des dynamos l'emporte sur les machines à mouvement alternatif, au triple point de vue de la régularité de marche, du rendement et de la durée. Les droits de M. Ch.-A. Parsons, dont le premier brevet date du 23 avril 1884, étant aujourd'hui tombés dans le domaine public, des maisons de premier ordre, telles que Willans et Robinson, la Brush Engineer Co, la Westinghouse Co, la British Thomson-Houston Co, etc., ont commencé à construire des groupes électrogènes à turbines à vapeur. Depuis plusieurs années, MM. Greenwood et Batley, de Leeds, construisent des turbines à vapeur du type De Laval, accouplées à des dynamos. L'auteur décrit dans cette Communication les principaux caractères de ces diverses machines et expose ensuite quelques considérations tirées de sa propre expérience.

TURBINE DE LAVAL. — Le Tableau ci-dessous donne une idée du haut rendement de ces machines, mais on ne les construit que pour des puissances égales au plus à 300 chevaux, ce qui est insuffisant pour la plupart des stations centrales. Jusqu'ici on n'a accouplé les turbines De Laval qu'à des dynamos à courant continu.

L'énergie absorbée par la condensation n'est pas comprise dans l'évaluation du rendement.

Turbine-dynamo de 300 chevaux, essayée en juin 1900.

PRESSION de la vapeur admise en kilogrammes par centimètre carré.	VIDE en centimètres de mercure.	NOMBRE d'ajutages ouverts.	CHARGE en kilowatts.	KILOGRAMMES de vapeur par kilowatt-heure.
8,86	68,5	8	337,45	9,52
8,85	68,5	7	293,7	9,54
8,76	69,5	6	249,1	9,58
8,76	70,3	4	162,7	9,76
8,76	71	3	118,9	10
8,76	71,3	2	73,5	10,8
8,76	72	1	30,4	13

TURBINE PARSONS. — L'auteur cite pour cette machine les résultats suivants :

Turbine accouplée à un alternateur triphasé de 300 kilowatts (mines De Beers, Afrique du Sud).

PRESSION de la vapeur à la valve d'introduction (en kilogr. par centimètre carré).	SURCHAUFFE à la valve d'introduction.	VIDE dans le cylindre en centimètres de mercure.	NOMBRE de tours par minute.	CHARGE en kilowatts.	KILOGRAMME de vapeur par kilowatt-heure.
10,8	29°	70	3000	312,1	9,05
11	28	70	3000	231,8	9,2
10,8	22	70	3000	154,5	10,7

La turbine Parsons a l'inconvénient d'occuper une grande longueur, mais on pourrait la raccourcir

(¹) L'office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXᵉ), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

en accroissant le diamètre des disques portant les ailettes. Il y aurait aussi avantage à placer verticalement le groupe électrogène ainsi raccourci.

Turbine Westinghouse-Parsons. — Cette machine, que construit la Westinghouse Company, est à peu près identique à la turbine Parsons, sauf que le régulateur est placé entre la turbine et la génératrice électrique. La Compagnie construit en ce moment trois turbo-alternateurs de 3500 kilowatts pour le métropolitain de Londres et huit turbo-alternateurs de 5500 kilowatts pour la Underground Electric Railway Company, de Londres. Dans ces grandes machines, la vapeur est admise au centre du cylindre et évacuée par les deux extrémités.

Turbine a vapeur Willans et Robinson. — Tandis que, dans la turbine Parsons, le rendement dépend de la petitesse de l'intervalle qui existe entre les ailettes mobiles et le cylindre fixe et entre les ailettes fixes et le cylindre mobile, on s'attache seulement, dans la turbine Willans et Robinson, à réduire autant que possible le jeu latéral qui sépare les ailettes mobiles des ailettes fixes. Pour cela, chaque couronne d'ailettes mobiles est enfermée entre deux cerceaux de métal très minces, dont les bords viennent araser la surface cylindrique formant la base de la couronne d'ailettes fixes immédiatement voisine. La même disposition est appliquée aux ailettes fixes. A haute pression, avec surchauffe de la vapeur et un vide suffisant au condenseur, les constructeurs garantissent une consommation maxima de $7^{kg},5$ à 8^{kg} de vapeur par kilowatt-heure pour une turbine de 1000 kilowatts accouplée à un alternateur.

Turbo-alternateur Brush-Parsons. — La turbine est du modèle Parsons, avec quelques modifications de détail portant sur la circulation d'huile et le refroidissement; l'alternateur est du type à induit fixe et inducteur tournant.

Turbine a vapeur Curtis. — L'arbre de cette turbine est vertical; il porte à son extrémité inférieure des disques de grand diamètre garnis d'ailettes et logés dans une enveloppe cylindrique à l'intérieur de laquelle sont montées les ailettes fixes. La partie supérieure de l'arbre porte l'inducteur de l'alternateur et, tout à l'extrémité, le régulateur à force centrifuge. La turbine Curtis est une combinaison du type De Laval et du type Parsons; elle a un rendement élevé et un très faible encombrement.

Il est probable que les machines à mouvement alternatif conserveront leur supériorité sur les turbines à vapeur pour la commande des dynamos à courant continu de grande puissance, dont les induits s'accommodent difficilement de la vitesse excessive des turbines; on ne peut d'ailleurs employer avec ces machines les balais en charbon, qui s'échaufferaient jusqu'au rouge sous l'influence de la vitesse périphérique trop grande et des vibrations du collecteur. Dans les turbo-alternateurs à haute tension, le type à induit mobile n'est pas à recommander, les effets de la force centrifuge compromettant l'isolement des spires. Mais, si l'alternateur commandé par la turbine est du type à induit fixe et à inducteur intérieur tournant, le groupe ainsi formé l'emporte, au point de vue du prix d'établissement et de l'économie de fonctionnement, sur les meilleurs modèles de génératrices plus lentes conduites par des machines à mouvement alternatif.

On peut mentionner encore à l'actif des turbines-génératrices électriques les avantages suivants :

1° On réalise une économie sur l'espace et les constructions nécessaires;

2° L'huile coûteuse qu'exigent les machines à mouvement alternatif à vapeur surchauffée, pour le graissage des cylindres, devient inutile;

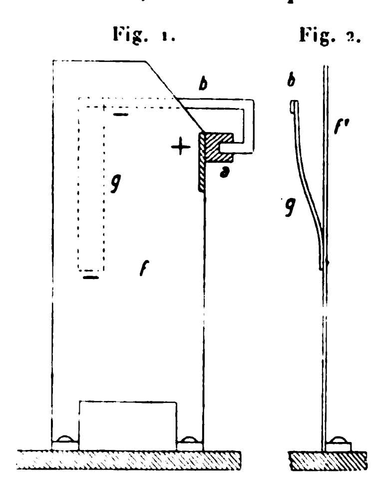
3° L'eau provenant de la condensation ne renferme pas d'huile et peut servir à l'alimentation des chaudières sans épuration;

4° Il est relativement facile de maintenir un haut degré de vide au condenseur, puisqu'on n'a pas l'inconvénient de la garniture de tige de piston;

5° On peut sans danger surchauffer la vapeur plus que dans les machines alternatives, ce qui améliore beaucoup le rendement. P. L.

Pile thermo-électrique ALBRECHT-HEIL. — Brevet allemand 140833 du 3 octobre 1901. (*Centralblatt für Accumulatoren- Elementen- und Accumobilenkunde*, t. IV, p. 130.)

D'après l'inventeur, la nouvelle pile thermo-électrique se distinguerait par son rendement élevé et



son échauffement rapide. Cet élément est représenté schématiquement par la figure 1. Les figures 2 à 7

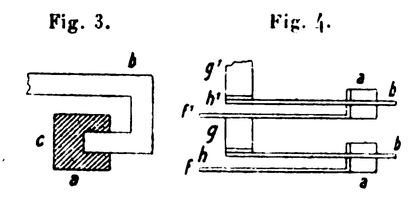


Fig. 3. Fig. 4.

montrent les détails. Le couple comprend une bande *b* et un bloc *a* soudés à une extrémité. La forme de la bande *b* est celle indiquée dans les figures et qui permet de bien utiliser la chaleur de la flamme du brûleur *i* (*fig.* 5). L'extrémité libre

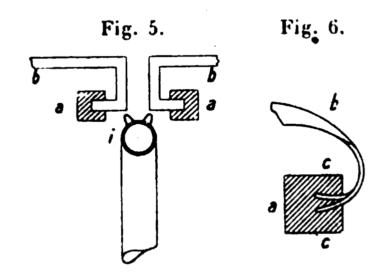


Fig. 5. Fig. 6.

de la bande *b* est soudée à une plaque de cuivre *g* qui est en communication avec l'élément suivant par l'intermédiaire d'une plaque de refroidissement *f*.

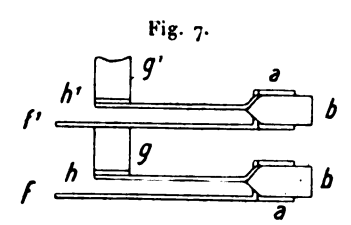


Fig. 7.

Cette plaque, disposée parallèlement au sens du courant d'air produit par la flamme, sert à la fois de plaque de refroidissement et de support de l'élément.

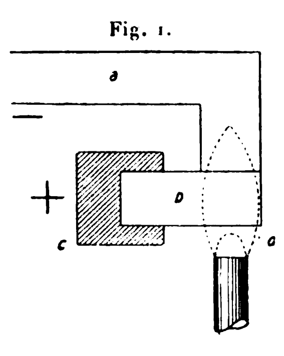
Pile thermo-électrique ALBRECHT-HEIL. — Brevet allemand 140834 du 4 février 1902. (*Centralblatt für Accumulatoren-, Elementen- und Accumobilenkunde*, t. IV, p. 31.)

Dans le but d'obtenir un bon rendement, cette pile thermo-électrique, indépendamment des deux corps actifs, en possède un troisième qui a pour mission d'amener la chaleur aux deux premiers. On connaît déjà des piles thermiques avec transmetteur de chaleur (Brevet anglais 12249 de 1900, et pile Noé). Mais, dans ces cas, la chaleur du transmetteur ne passe directement qu'à l'extrémité chaude d'un des corps actifs. Au contraire, dans le nouvel élément, les parties à échauffer des deux corps actifs sont reliées au transmetteur de chaleur. Celui-ci étant choisi bon conducteur, la chaleur est ainsi bien mieux utilisée que lorsqu'elle doit traverser l'alliage, relativement mauvais conducteur, d'un des corps actifs pour échauffer l'autre corps. Il existe cependant des piles thermo-électriques dans lesquelles les deux corps actifs sont reliés à un transmetteur de chaleur (par exemple, l'élément Gülcher et le brevet allemand 29772). Mais, dans ces deux exemples, le transmetteur ne possède qu'une influence mécanique; dans le brevet allemand 29772, c'est une pièce massive sur laquelle est coulé l'alliage d'antimoine, trop fragile. Dans la pile Gülcher, l'alliage d'antimoine, très cassant, est enfermé dans un tube en fer forgé de faible longueur. Dans ces cas, on n'attribue aucune importance à la substance du transmetteur, qui n'est relié aux alliages actifs que d'une façon purement mécanique et, par suite, incertaine.

Le transmetteur de chaleur de la pile brevetée ici se compose d'une lame flexible en argent, très résistante aux influences mécaniques, ainsi qu'aux température élevées. Cette lame est soudée fortement à une de ses extrémités au corps le plus difficilement fusible, tandis que l'autre extrémité est noyée dans l'alliage d'antimoine. A la place de l'argent pur, qui fond facilement avec l'alliage d'antimoine, on peut employer des alliages d'argent, du cuivre argenté ou des alliages de cuivre argentés, dont la surface se laisse facilement fondre en présence de l'alliage d'antimoine et qui résistent aux hautes températures.

La figure 1 représente la disposition employée :

Fig. 1.



a est le corps actif difficilement fusible, soudé à la bande *b* exposée directement à l'action de la flamme *d*; *c* est l'alliage d'antimoine qui entoure l'autre extrémité de la bande et est fondu avec la partie superficielle de celle-ci. L. J.

Électrode d'accumulateur de la SOCIÉTÉ R. TRUB ET Cie, GESELLSCHAFT MIT BESCHRAENKTER HAFTUNG. — Brevet français 331 083, du 9 avril 1903, délivré le 17 juillet 1903, publié le 31 août 1903.

Le support de cette électrode forme des rainures qui s'étendent de haut en bas. Chaque rainure est constituée de deux ou plusieurs parois contiguës et traversée par des lames inclinées vers l'intérieur. Ces lames divisent partiellement la matière active qui remplit les rainures.

Procédé de construction de plaques pour accumulateurs, par GONDRAND ET CÉLESTRE. — Brevet français 331 207, du 15 avril 1903, délivré le 22 juillet 1903, publié le 2 septembre 1903.

Les plaques sont composées d'un enlacement spécial de lames de plomb laminé, les unes épaisses ayant $0^{mm},5$ à 1^{mm}, et les autres minces ne possédant que 1 ou quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur. Ces dernières sont striées ou lisses.

Accumulateur électrique FELDKAMP. — Brevet français 331 983, du 28 avril 1903, délivré le 12 août 1903, publié le 10 octobre 1903. Brevet américain 726 272, du 8 juillet 1902. (*Centralblatt f. Accumulatoren-Elementen- und Accumobilenkunde*, t. IV, p. 146, 15 juin 1903.)

Les plaques se composent d'une feuille mince de plomb recouverte d'un tissu qui est enduit d'une couche très légère de matière active à base de minium pour les positives, et de litharge pour les négatives. Comme tissu, on peut prendre de la toile, du tissu d'amiante, du papier, du parchemin, etc. On comprime le tout sous un fer à repasser, de façon à assurer l'intimité du contact. Enfin, on porte sous l'aiguille d'une machine à coudre; des points de couture viennent fixer solidement les différentes parties. Dans le montage des plaques à l'intérieur du bac, on prend comme séparateurs des pièces de vannerie formées de lamelles de bois ou de jonc en une plaque présentant de nombreuses cavités.

Perfectionnements apportés aux accumulateurs électriques, par DARLING ET CHRONIK. — Brevet français 332 022, du 13 mai 1903, délivré le 13 août 1903, publié le 13 octobre 1903. Brevet américain 729 140, du 26 décembre 1901.

Dans cet accumulateur, l'électrode positive est en plomb, et l'électrode négative en zinc amalgamé. Le vase en verre est muni à la partie supérieure d'un canal qu'on remplit d'huile ou de graisse de façon à éviter la formation des sels grimpants. Le couvercle est en matière isolante. L'électrode de zinc repose sur le fond du vase par l'intermédiaire de deux conducteurs en cuivre réunis par soudure à une baguette de plomb qui porte la prise de courant. Les positives sont placées sur deux supports isolants. Elles consistent en un certain nombre d'unités (4 ordinairement); chacune de celles-ci comprend deux plaques en plomb dur entre lesquelles on dispose horizontalement des plaques minces en plomb qui ont été d'abord ondulées, puis comprimées fortement en bloc. Des boulons en plomb dur maintiennent le tout. Le bloc est en outre perforé d'un certain nombre de trous.

Plaque d'accumulateur de J. HOLDEN ET Cie. — Brevet français 332 038, du 13 mai 1903, délivré le 13 août 1903, publié le 13 octobre 1903.

Il s'agit ici d'une grille en plomb antimonié comportant un cadre rectangulaire divisé en cases rectangulaires par des barreaux verticaux et horizontaux. Les barreaux verticaux sont plus gros en haut qu'en bas, dans le but d'assurer une meilleure conductibilité à la plaque. Chaque case est divisée par des croisillons en diagonale dont les deux branches se coupent au milieu de chaque case; l'épaisseur de ces croisillons est plus faible que celle des barreaux. Après l'empâtage, la matière active ne laisse apparents que les barreaux verticaux et horizontaux; ceux en diagonale sont noyés à l'intérieur de la matière. Ces grilles sont employées de préférence comme négatives; on les monte en regard des positives Max déjà connues.

Séparateur isolant pour accumulateurs de C. JEANTAUD. — Brevet français 332 041, du 13 mai 1903, délivré le 13 août 1903, publié le 13 octobre 1903.

Ce séparateur est constitué par des lamelles de bois débitées sous très faible épaisseur (1^{mm} et audessous). La porosité est très grande et les échanges entre les plaques de polarité différente se font très facilement. Les avantages revendiqués par le brevet sont : l'inattaquabilité du bois par l'acide dilué, sa légèreté, son prix très bas. Étant élastique sous ces faibles épaisseurs, il se prêterait en outre au gondolement et au foisonnement des plaques.

Ces séparateurs peuvent être appliqués directement sur les plaques afin d'en éviter la chute de matière active. On peut aussi les perforer et les munir de baguettes ou nervures qui assurent l'écartement des plaques. Enfin, on peut également constituer des étuis ou sachets en bois dans lesquels on enferme les plaques. L. J.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Démonstration simple et extension de la loi de Kennelly pour passer du montage en triangle au montage en étoile, par R. MEDRES. (*Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XXI, p. 529, 13 septembre 1903.)

Cette loi de Kennelly est traduite dans les formules (I) et (II) qui donnent les valeurs des résistances x_1, x_2, x_3 des branches de l'étoile en fonction des résistances a_1, a_2, a_3 des côtés du triangle et inversement :

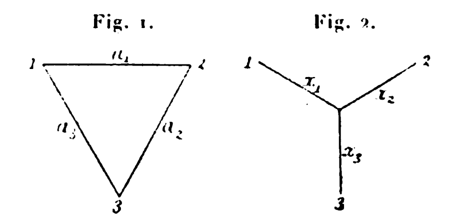
$$(\mathrm{I})\quad \begin{cases} x_1 = \dfrac{a_1 a_3}{a_1 + a_2 + a_3}, \qquad x_2 = \dfrac{a_1 a_2}{a_1 + a_2 + a_3}, \\ x_3 = \dfrac{a_2 a_3}{a_1 + a_2 + a_3}; \end{cases}$$

$$(\mathrm{II})\quad \begin{cases} \dfrac{1}{a_1} = \dfrac{\dfrac{1}{x_1 x_2}}{\dfrac{1}{x_1} + \dfrac{1}{x_2} + \dfrac{1}{x_3}}, \qquad \dfrac{1}{a_2} = \dfrac{\dfrac{1}{x_2 x_3}}{\dfrac{1}{x_1} + \dfrac{1}{x_2} + \dfrac{1}{x_3}}, \\ \dfrac{1}{a_3} = \dfrac{\dfrac{1}{x_1 x_3}}{\dfrac{1}{x_1} + \dfrac{1}{x_2} + \dfrac{1}{x_3}}. \end{cases}$$

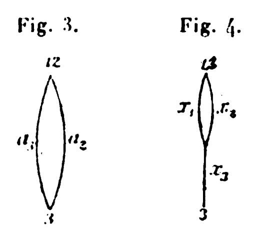
On simplifie souvent les formules (II) en introduisant les conductances à la place des résistances. Kennelly a énoncé cette loi si importante sans l'accompagner d'aucune démonstration. Nous citerons seulement, à titre de renseignement, la démonstration élégante, mais longue, donnée par Herzog et Feldmann dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* de 1900 et reproduite dans leur bel Ouvrage sur le Calcul des canalisations ([1]); L. Monath a repris la même question ([2]) et, en se basant sur des analogies mécaniques, est parvenu à établir les formules rappelées plus haut d'une manière très rapide.

La solution de l'auteur joint à la rigueur et à la simplicité l'avantage de s'étendre à un montage polygonal quelconque. On dit qu'une combinaison de conducteurs est complètement équivalente à une autre lorsqu'elle peut se substituer à celle-ci, quelles que soient les variations de charge et de tension du réseau; elle est incomplètement équivalente ou à équivalence limitée si elle ne peut remplacer la première que pour une charge déterminée.

1. *Conducteurs complètement équivalents.* — Considérons les figures 1 et 2; le système 2 sera entièrement équivalent au système 1 si les tensions aux points 1, 2, 3 sont les mêmes qu'aux points correspondants du système 1, pour n'importe quelle



charge. Parmi toutes les charges possibles, nous choisirons celle où le courant dans a_1 est nul, c'est-à-dire où $E_1 = E_2$; nous pouvons alors supprimer le conducteur a_1 et connecter directement le sommet 1 à 2; alors les figures 1 et 2 se transforment



respectivement en 3 et 4 et l'on a (résistances en parallèle) :

$$(1)\qquad \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2} + x_3 = \frac{a_2 a_3}{a_2 + a_3}.$$

Le même raisonnement appliqué aux autres sommets conduira aux relations

$$(2)\qquad \frac{x_2 x_3}{x_2 + x_3} + x_1 = \frac{a_1 a_3}{a_1 + a_3},$$

$$(3)\qquad \frac{x_1 x_3}{x_1 + x_3} + x_2 = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}.$$

Ces trois équations résolues par rapport à x_1, x_2, x_3 ou a_1, a_2, a_3 donnent les formules I ou II. Il reste à prouver que celles-ci sont encore vraies pour une charge quelconque, c'est-à-dire pour le cas où $E_1 \neq E_2 \neq E_3$. Les figures 5 et 6 schématisent l'état du réseau. Le triangle donne les équations :

$$(\mathrm{A})\quad \begin{cases} I_1 + \dfrac{E_2 - E_1}{a_1} + \dfrac{E_3 - E_1}{a_3} = i_1, \\ I_2 + \dfrac{E_1 - E_2}{a_1} + \dfrac{E_3 - E_2}{a_2} = i_2, \\ I_3 + \dfrac{E_2 - E_3}{a_2} + \dfrac{E_1 - E_3}{a_3} = i_3; \end{cases}$$

et l'étoile, les équations :

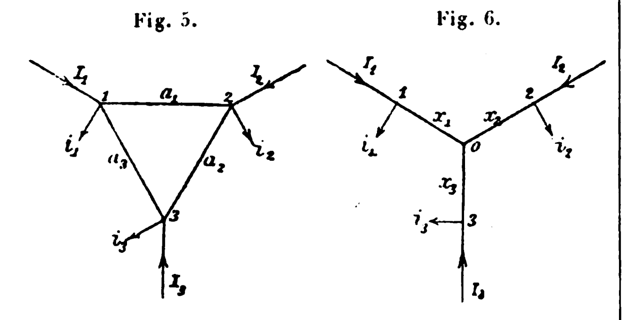
$$(\mathrm{B})\,(^1)\quad \begin{cases} E_1 - (I_1 - i_1)x_1 = E_2 - (I_2 - i_2)x_2, \\ E_1 - (I_1 - i_1)x_1 = E_3 - (I_3 - i_3)x_3. \end{cases}$$

([1]) HERZOG-FELDMANN, *Die Berechnung der elektrischer Leitungnetze*, 2e édition, t. I, p. 209 et suivantes; Julius Springer, éditeur, 3, Monbijouplatz, Berlin.

([2]) *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 358.

([1]) Pour obtenir ces relations, représentons par E la ten-

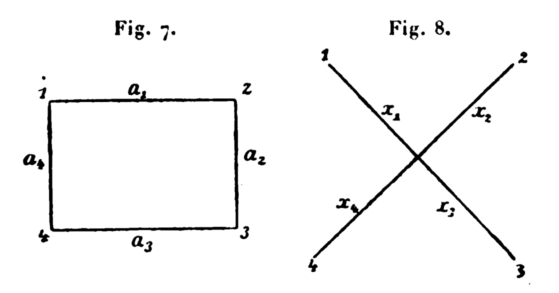
(A) et (B) forment un système de cinq équations simultanées. Si donc nous substituons, dans (B), à $I_1 - i_1$, $I_2 - i_2$, $I_3 - i_3$ leurs valeurs tirées de (A)



et à x_1, x_2, x_3 leurs valeurs d'après la formule de Kennelly, nous devons trouver une identité; c'est, en effet, ce que le calcul vérifie.

Donc, le montage étoilé est complètement équivalent au montage en triangle; les résistances x_1, x_2, x_3 des branches de l'étoile ne dépendent que des résistances a_1, a_2, a_3 du triangle, et le problème n'admet qu'une seule solution. Les formules s'appliquent également au courant alternatif, à la condition de remplacer les résistances ohmiques par les impédances.

Cherchons, de même, à transformer un quadrilatère en une étoile à quatre branches (*fig.* 7 et 8).



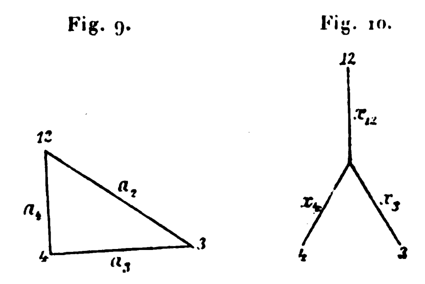
En supposant encore $E_1 = E_2$, nous obtenons les figures 9 et 10 et les relations.

$$(4) \qquad x_{12} = \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2} = \frac{a_2 a_4}{a_2 + a_3 + a_4},$$

$$(5) \qquad x_3 = \frac{a_2 a_3}{a_2 + a_3 + a_4},$$

$$(6) \qquad x_4 = \frac{a_3 a_4}{a_2 + a_3 + a_4}.$$

Par une permutation circulaire facile à suivre, le lecteur établira neuf autres équations; ce qui donne au total un système de douze équations indépendantes



entre les inconnues. En égalant les valeurs d'une même inconnue fournies par des relations telles que (5) et (6), on reconnaît, de proche en proche, que ce système de douze équations n'admet des solutions communes que si $a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = a$, ce qui entraîne $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x = \frac{a^2}{3a} = \frac{a}{3}$; ces hypothèses introduites dans les relations telles que (4) conduisent à des résultats contradictoires avec celui trouvé ci-dessus, car on a

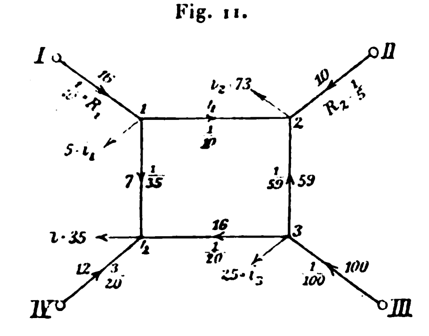
$$\frac{2x^2}{3x} = \frac{a^2}{3a};$$

d'où

$$x = \frac{2}{3} a.$$

Il est donc impossible de transformer un quadrilatère en un montage étoilé complètement équivalent.

2. *Conducteurs non complètement équivalents.* — Si, au contraire, on veut se contenter de conducteurs non complètement équivalents, le problème de la transformation d'une maille quadrangulaire en un montage étoilé admet plusieurs solutions. Dans ce cas, les résistances x ne dépendent pas seulement des résistances a, mais aussi de la charge. Si celle-



ci vient à varier, les tensions aux extrémités des branches de l'étoile ne restent plus égales aux tensions aux sommets du quadrilatère. Considérons le

---

sion au centre de l'étoile :

$$\frac{E_1 - E}{x_1} = (I_1 - i_1);$$

d'où

$$E = E_1 - (I_1 - i_1) x_1 = E_2 - (I_2 - i_2) x_2.$$

réseau représenté en figure 11. Les points I, II, III, IV sont les centres d'alimentation; les charges i_1, i_2, ... sont supposées concentrées aux nœuds. Soient ε_1, ε_2, ε_3, ε_4 les chutes de tension entre les centres d'alimentation et les nœuds voisins; d'après les nombres inscrits sur la figure, on a

$$\varepsilon_1 = 16 \times \frac{1}{10} = 1,6 \text{ volt}; \qquad \varepsilon_2 = 10 \times \frac{1}{5} = 2 \text{ volts};$$

$$\varepsilon_3 = 100 \times \frac{1}{100} = 1 \text{ volt}; \qquad \varepsilon_4 = 12 \times \frac{3}{20} = 1,8 \text{ volt}.$$

La loi $\Sigma i = 0$ appliquée à chaque nœud conduit aux équations :

$$(\text{C})\,[1] \quad \begin{cases} \dfrac{\varepsilon_1}{R_1} + \dfrac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{a_1} + \dfrac{\varepsilon_1 - \varepsilon_4}{a_4} = i_1, \\ \dfrac{\varepsilon_2}{R_2} + \dfrac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{a_1} + \dfrac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{a_2} = i_2, \\ \dfrac{\varepsilon_3}{R_3} + \dfrac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{a_2} + \dfrac{\varepsilon_3 - \varepsilon_4}{a_3} = i_3, \\ \dfrac{\varepsilon_4}{R_4} + \dfrac{\varepsilon_4 - \varepsilon_1}{a_4} + \dfrac{\varepsilon_4 - \varepsilon_3}{a_3} = i_4. \end{cases}$$

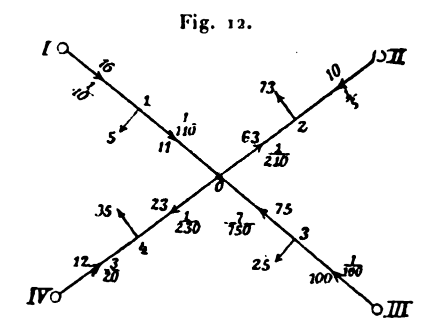
Pour passer à la combinaison étoilée qui, pour la même charge, présente les mêmes tensions aux nœuds 1, 2, 3, 4, il faut écrire que les chutes de tensions entre I, II, III, IV et le centre O de l'étoile sont les mêmes; d'où

$$(\text{D}) \quad \begin{cases} \varepsilon_1 + x_1\left(\dfrac{\varepsilon_1}{R_1} - i_1\right) = \varepsilon_2 + x_2\left(\dfrac{\varepsilon_2}{R_2} - i_2\right), \\ \varepsilon_1 + x_1\left(\dfrac{\varepsilon_1}{R_1} - i_1\right) = \varepsilon_3 + x_3\left(\dfrac{\varepsilon_3}{R_3} - i_3\right), \\ \varepsilon_1 + x_1\left(\dfrac{\varepsilon_1}{R_1} - i_1\right) = \varepsilon_4 + x_4\left(\dfrac{\varepsilon_4}{R_4} - i_4\right). \end{cases}$$

Les ε sont les racines du système (C); le système (D) n'a que trois équations pour quatre inconnues; il y a donc plusieurs solutions.

Comme application numérique, proposons-nous de transformer le quadrilatère de la figure 11 en un montage étoilé (*fig.* 12). Pour introduire les conditions imposées par la charge, nous chercherons entre quelles limites doit être compris le potentiel E du centre O de l'étoile ou mieux, la chute de potentiel entre les points d'alimentation et le centre O. Les notations étant les mêmes qu'au début, nous écrirons d'abord qu'un courant circule de 1 vers O (*fig.* 12), ce qui exige $E_1 > E$; en retranchant les deux membres de cette inégalité de E_0 potentiel de I, nous aurons $E_0 - E_1 < E_0 - E$ ou $\varepsilon_1 < \varepsilon_0$ et successivement $\varepsilon_2 > \varepsilon_0$, $\varepsilon_3 < \varepsilon_0$, $\varepsilon_4 > \varepsilon_0$. D'après les valeurs numériques des ε, ces inégalités se résument à $1,6 < \varepsilon_0 < 1,8$. Les seules solutions possibles sont

Fig. 12.



donc celles pour lesquelles ε_0 est compris entre ces limites. Si l'on fait $\varepsilon_0 = 1,7$, les résistances des branches de l'étoile seront (*fig.* 12) :

$$x_1 = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_1}{I_1 - i_1} = \frac{1,7 - 1,6}{16 - 5} = \frac{1}{110},$$

$$x_2 = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_2}{I_2 - i_2} = \frac{1,7 - 2}{10 - 73} = \frac{1}{210},$$

$$x_3 = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_3}{I_3 - i_3} = \frac{1,7 - 1}{100 - 25} = \frac{7}{750},$$

$$x_4 = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_4}{I_4 - i_4} = \frac{1,7 - 1,8}{12 - 35} = \frac{1}{230}.$$

Si la charge venait à varier, nous aurions une variation corrélative des limites de ε_0. Les valeurs trouvées ci-dessus pour les x ne seraient plus équivalentes aux résistances de la maille primitive; en un mot, nous avons affaire à des combinaisons non entièrement équivalentes.

Il existe même des charges qui ne permettent pas de passer d'un polygone de n côtés à une étoile à n branches. Considérons les nœuds k et m et supposons que $\varepsilon_k > \varepsilon_m$, $I_k > i_k$, $I_m < i_m$. Les résistances étoilées correspondantes seront

$$x_k = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_k}{I_k - i_k}, \qquad x_m = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_m}{I_m - i_m}.$$

x_k et x_m sont essentiellement positives; donc $\varepsilon_0 > \varepsilon_k$, puisque $I_k > i_k$; mais pour x_m, comme $I_m - i_m < 0$, il faut $\varepsilon_0 - \varepsilon_m < 0$ ou $\varepsilon_0 < \varepsilon_m$, ce qui est incompatible avec l'hypothèse $\varepsilon_k > \varepsilon_m$.

B. K.

[1] Soient : E_0 le potentiel (de la source) commun aux points I, II, III et IV; E_1, E_2, ... les potentiels aux nœuds; par définition, nous avons $E_0 - E_1 = \varepsilon_1$, $E_0 - E_2 = \varepsilon_2$; donc $E_2 - E_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$, $E_3 - E_2 = \varepsilon_2 - \varepsilon_3$, $E_4 - E_3 = \varepsilon_3 - \varepsilon_4$.

Du choix et de l'installation des appareils de manœuvre pour hautes tensions, par L.-L. ELDEN. (*Electrician*, t. LII, p. 423-425, 1er janvier 1904.)

Dans l'installation des tableaux pour courants alternatifs à haute tension, on a le choix entre deux systèmes : ou laisser aux employés une part de res-

ponsabilité considérable, ou installer des appareils spéciaux qui assureront le fonctionnement automatique de toute l'installation. Le premier procédé est le meilleur, les appareils automatiques laissant fort à désirer sous le rapport de la sécurité. Dans une usine génératrice bien exploitée, il se présente peu de cas imprévus auxquels un employé vigilant ne puisse parer; les génératrices et les transformateurs de construction moderne supportent d'ailleurs sans inconvénient de fortes surcharges momentanées : il n'y a donc pas lieu de compliquer le tableau par des dispositions destinées à obvier aux accidents. Ce sont les installations les plus simples qui sont le moins sujettes aux interruptions de service.

Les interrupteurs destinés aux usages ordinaires se sont uniformisés jusqu'à un certain point dans ces dernières années. Pour les faibles puissances, on peut se servir d'un interrupteur à main, rompant le circuit sur les deux ou trois pôles dans un même réservoir d'huile, les pôles étant séparés par des cloisons. Cet appareil donne toute sécurité pour les puissances inférieures à 2500 kilowatts; au delà, il faut un réservoir d'huile spécial pour chaque pôle, les contacts étant commandés par un levier commun, qu'on manœuvre à la main. Cet appareil s'emploie avec succès jusqu'à 4000 ou 5000 kilowatts; pour les puissances supérieures, l'on a recours à l'interrupteur à huile divisé en compartiments, commandé par un moteur électrique ou un solénoïde, qui est aujourd'hui en usage dans toutes les grandes stations centrales. On doit, pour les installations à courant alternatif, donner la préférence aux interrupteurs à huile, à moins que la tension ne dépasse les limites connues où les appareils fonctionnent de façon satisfaisante. L'auteur recommande d'installer tous les appareils de manœuvre dans une salle ou un bâtiment entièrement séparés de la salle des machines, surtout s'il s'agit d'une usine à vapeur.

En ce qui concerne les barres omnibus, la meilleure pratique est d'en établir deux groupes complets et de les sectionner de façon à faciliter la visite, les réparations et les essais. On peut ainsi isoler d'un réseau une génératrice ou un feeder quelconque. On a quelquefois préconisé un groupe unique de barres omnibus, d'où rayonneraient un certain nombre de barres secondaires, divisant le réseau en plusieurs sections. Ce système est moins coûteux que le précédent, mais, en cas d'accident, il rend les manœuvres de préservation plus difficiles; il est donc à rejeter.

Les disjoncteurs automatiques à maximum sont recommandables pour les alternateurs commandés par courroie ou de faible puissance, mais ils ne conviennent pas aux grandes machines. Pour ces dernières, on n'emploiera pas d'autre appareil automatique qu'un indicateur d'inversion de courant. Tous les feeders devront être pourvus de disjoncteurs automatiques à maximum. Dans le cas des distributions d'éclairage, on évitera de grouper les feeders : chacun d'eux devra être relié séparément aux barres.

P. L.

Rigidité diélectrique des isolants de haut isolement, par B. WALTER. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIV, p. 796-802, septembre 1903.)

La rigidité diélectrique d'un isolant, c'est-à-dire la résistance qu'il offre à la rupture par la décharge, varie beaucoup moins d'un isolant à l'autre que la résistance spécifique mesurée par la méthode galvanométrique.

D'autre part, la différence de potentiel nécessaire pour produire la rupture varie avec les conditions expérimentales.

L'auteur propose la définition suivante :

La rigidité diélectrique est la longueur en centimètres de l'étincelle que produirait dans l'air, entre deux électrodes en pointe, la différence de potentiel qui, appliquée à une lame épaisse de 1^{cm}, dans les conditions qui vont être décrites ci-dessous, la perce en moins d'une minute dans la majorité des cas.

Sur l'une des faces de la lame, on fait tomber une goutte d'isolant, telle que la cire, la paraffine, la stéarine, etc.; cette goutte doit avoir 2^{cm} de diamètre et 2^{mm} d'épaisseur environ. Lorsque la goutte est bien refroidie, on la perce en son centre jusqu'à mettre à nu la surface de la lame, avec une aiguille fine. Ainsi préparée, la lame est placée entre deux électrodes de forme quelconque, de manière que le trou d'aiguille se trouve sur la ligne de jonction des électrodes. Dans ces conditions, l'électricité, au lieu de se disséminer comme elle le ferait sur la surface nue de la lame, est pour ainsi dire canalisée dans le trou d'aiguille. Il s'ensuit que l'isolant est percé sous une différence de potentiel beaucoup plus faible; 10^{cm} d'étincelle suffisent, par exemple, à percer une lame d'ébonite qui résiste autrement à 50^{cm}.

Par ce procédé, on trouve toujours une longueur minimum d'étincelle, pour laquelle la lame est juste percée, tandis qu'elle résiste au-dessous.

Les expériences prouvent, d'ailleurs, que cette longueur minima varie proportionnellement à l'épaisseur de la lame. Cette loi permet de calculer aisément la rigidité diélectrique définie comme ci-dessus, à l'aide des expériences effectuées sur une lame d'épaisseur quelconque.

La nature de la source n'influe pas d'une manière appréciable sur les résultats. Quand on fait usage d'une bobine d'induction, le choix de l'interrupteur est indifférent. Il est bon cependant que les étin-

celles ne se succèdent pas trop rapidement, pour éviter un trop grand dégagement de chaleur à l'intérieur du trou d'aiguille.

Pour réaliser une mesure, on munit les pôles de la bobine d'induction de pointes A, B, dont la distance correspond à la longueur maxima d'étincelle que peut supporter l'appareil. Ces pôles sont réunis à deux autres électrodes E, F, entre lesquelles on mettra la lame isolante. En dérivation est disposé un micromètre à étincelles CD.

Tout d'abord, on place les électrodes E et F en face d'une région de la lame qui n'est pas recouverte par une goutte et l'on règle le micromètre de manière à obtenir une étincelle toutes les deux secondes environ. On amène ensuite la lame dans sa position définitive, c'est-à-dire la goutte, regardant l'électrode positive, en face des électrodes EF. On met la bobine en marche; en même temps un compteur à secondes. Si la rupture de la lame ne s'est pas produite au bout de deux minutes, on arrête la bobine; on augmente la distance CD et l'on recommence avec une autre goutte. On répète ces essais, jusqu'à ce que la rupture ait lieu dans la plupart des cas, chaque fois avec une goutte neuve, en moins d'une minute. La longueur CD définit alors la rigidité diélectrique, qu'on obtient en divisant cette longueur par l'épaisseur de la lame exprimée en centimètres.

Il n'est pas inutile, au point de vue pratique, de faire remarquer que la rupture se produit à très peu près dans les mêmes conditions, quand l'une des électrodes EF est en communication avec le sol.

Résultats. — 1° *Verre*. — La rigidité diélectrique des verres ordinaires varie peu, de 16^{cm} à 18^{cm}; cependant, une forte teneur en plomb abaisse cette rigidité d'une manière notable.

2° *Ébonite*. — La présence des substances inorganiques mélangées à l'ébonite diminue beaucoup la rigidité diélectrique; il faut tenir compte aussi des défauts d'homogénéité de la plupart des produits commerciaux. La New-York Hamburger Gummiwaren Gessellschaft, en utilisant les résultats fournis par les expériences de M. Walter, a pu améliorer la fabrication de l'ébonite et obtenir des produits dont la rigidité est trois fois plus grande que celle des produits usuels.

3° *Porcelaine dure*, de la fabrique de Hermsdorf (Saxe-Altenburg) (1). — La rigidité de cette porcelaine avait été étudiée aussi par la fabrique, mais au moyen de différences de potentiel alternatives produites par un transformateur. La comparaison entre les deux séries d'expériences n'est pas directement possible ; on ne sait pas si une distance explosive donnée correspond à la même différence de potentiel quand celle-ci est continue et quand elle est alternative.

4° *Mica*. — La rigidité diélectrique du mica varie avec sa provenance, mais est toujours grande (35 à 50). Seulement, il faut remarquer que les résultats n'ont de valeur que par les points mêmes sur lesquels a porté la décharge et ne peuvent caractériser la valeur pratique de l'échantillon pris dans son ensemble.

Lorsque les lames de mica sont semées d'occlusions, leur rigidité diélectrique est beaucoup diminuée; certains échantillons présentent des veines noirâtres qui sont conductrices. En dehors de ces veines, la lame conserve, d'ailleurs, ses propriétés isolantes.

Souvent les lames présentent des bulles d'air. Si la goutte isolante se trouve au-dessus d'une de ces bulles, la décharge passe seulement de la goutte jusqu'à la bulle, sans traverser toute la lame. Arrivée dans la bulle, l'électricité se dissémine dans cet espace libre et, par suite, la seconde partie de l'épaisseur reste indemne.

On peut provoquer artificiellement ce même phénomène en superposant plusieurs lames d'isolant. En général, seule la première lame qui porte la goutte est traversée par la décharge. Mais la lame suivante est rongée vis-à-vis du trou de la goutte et, si l'on poursuit l'expérience, elle ne tarde pas à être percée à jour. Ces observations expliquent pourquoi un isolant feuilleté comme la micanite peut présenter, dans certains cas, une rigidité plus grande que celle d'un isolant homogène. Mais cet avantage est compensé par un inconvénient : la surface de l'isolant se rongeant peu à peu sous l'action de la décharge, il finit par se produire des ouvertures qui canalisent la décharge, comme la goutte d'isolant employée dans les essais, et augmentent, par suite, l'effet de cette décharge.

La connaissance de la rigidité diélectrique d'une substance isolante, mesurée par la méthode décrite, permet de calculer l'épaisseur que doit avoir une lame de cette substance pour résister à une différence de potentiel donnée. La sécurité subsiste même quand la surface de la lame est détériorée par les décharges; la rigidité diélectrique demeure toujours plus grande que la rigidité mesurée par la méthode de la goutte. Aussi, en donnant à la lame le double de l'épaisseur calculée, on sera à peu près certain d'obtenir une protection suffisante. Les épaisseurs ainsi déterminées sont du même ordre de grandeur que celles auxquelles a conduit la pratique.

M. Lamotte.

(1) Le laboratoire de cette fabrique a été décrit dans *L'Éclairage électrique*, t. XXXIII, p. 195.

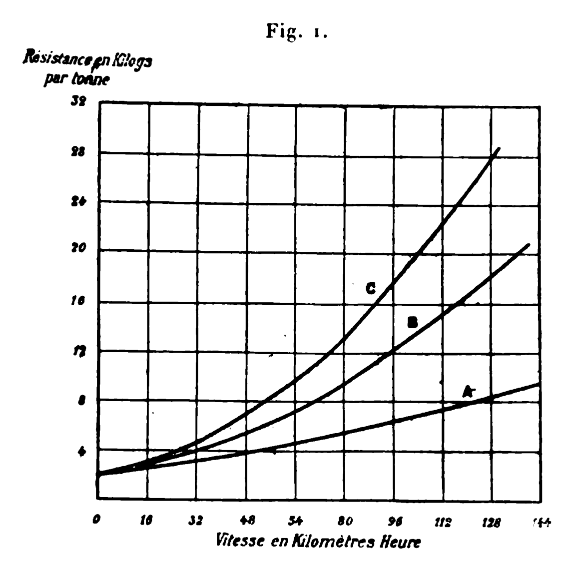


TRACTION.

Problèmes relatifs à la traction électrique à grande vitesse, par ARMSTRONG. Communication faite à l'American Institute of Electrical Engineers. (*The Electrician*, t. LII, p. 367-371, 25 décembre 1903.)

Les données existantes sur la résistance à la traction ont été presque toutes obtenues avec des trains à vapeur assez longs et ne présentant pas au vent la même section que les trains électriques souvent composés d'une seule voiture. L'auteur se sert des résultats d'essais exécutés en mars 1900 par M. Davis jeune, sur la ligne de Buffalo à Lockport, avec des convois comprenant un nombre variable de véhicules, pour calculer la vitesse et l'énergie dépensée par unité de poids et de parcours, en prenant les mêmes valeurs pour l'accélération, le freinage et la durée des arrêts, mais en supposant le train composé : C, d'une seule voiture de 40^t ; B, de deux voitures de 40^t ; A, d'un convoi d'au moins huit voitures semblables. Nous ne reproduisons pas ces courbes qui, avec les unités anglaises, seraient peu lisibles, et qui, d'ailleurs, ne sont pas le résultat d'expériences directes, mais de calculs reposant sur diverses hypothèses. Nous donnerons seulement en figure 1 les courbes du coefficient de résistance à la traction pour les trois cas. On voit qu'aux grandes vitesses, 120 km : h., par exemple, la résistance par tonne est trois fois plus forte sur une voiture seule que sur un long train, parce que la pression du vent se fait surtout sentir sur le front du train et peu sur le reste du convoi. L'auteur a soin d'indiquer que ces courbes doivent être examinées plutôt pour leur allure que pour leurs valeurs absolues, qui paraissent bien élevées, comme le fait remarquer *The Electrician* dans son éditorial.

Fig. 1.



Coefficient de traction en kilogrammes par tonne.

C Voitures isolées de 40^t.
B Convoi de 2 voitures de 40^t.
A Train de 8 voitures.

L'auteur a calculé ensuite et porté en courbe, pour ces trois cas différents, ce qu'il appelle la *capacité* des moteurs, c'est-à-dire le nombre de tonnes que l'on peut remorquer à une vitesse donnée avec un moteur de puissance donnée ; et une certaine élévation de température admise, par exemple 60° C., ou vice versa. Les voitures isolées demandent, toutes choses égales d'ailleurs, des moteurs plus puissants que des trains de deux et surtout de plusieurs véhicules.

L'auteur prend comme exemple un service électrique effectué à une vitesse de 64 km. : h., analogue à celle des trains à vapeur. Il trouve sur ces courbes qu'avec une voiture isolée de 40^t, passant toutes les demi-heures et ayant un arrêt tous les 6 kilomètres, la dépense sera de 51 watts-heure par tonne kilométrique, et il faudra 4 moteurs de 110 chevaux, en admettant une élévation de température de 60°. Si l'on fait des convois de deux voitures de 40^t, passant toutes les heures, on ne consommera plus que 40 watts-heure par tonne kilométrique, et il suffira de 4 moteurs de 95 chevaux. Mais, en dehors de l'inconvénient d'exploitation qui peut résulter de la fréquence moindre des départs, les trains plus longs demandent une somme *totale* d'énergie plus grande à la station centrale, dont la dépense d'installation se trouve ainsi majorée. Dans l'exemple considéré, l'auteur arrive à une dépense d'installation de 13800^{fr} par kilomètre de ligne dans le cas de voitures isolées, contre 17200^{fr} pour les convois de deux voitures. Il y a donc lieu de tenir compte de ces deux facteurs contraires dans chaque cas particulier.

C. J.

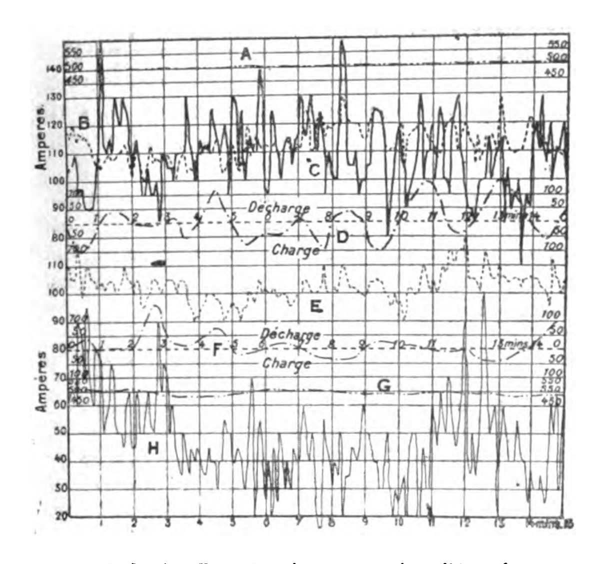
Résultats d'exploitation du City and South London Railway, par MAC MAHON. Communication faite à la séance du 17 décembre 1903 de l'Institution of Electrical Engineers. (*The Electrician*, t. LII, p. 322-327 et 363-367, 18 et 25 décembre 1903.)

Comme le fait remarquer *The Electrician* dans son éditorial du 25 décembre 1903, le chemin de fer du City and South London est le doyen des chemins de fer souterrains, puisqu'il a treize ans de fonctionnement, et les résultats qu'il a donnés ne peuvent manquer d'intérêt, car la ligne a été prolongée récemment du double et les actionnaires reçoivent un léger dividende.

Lorsque la ligne qui, au début, mesurait seulement 5^{km} de long, de King William street, dans la

Cité, à Stockwell, fut prolongée jusqu'à Angel (Islington), et portée à 9^{km}, il ne fut plus possible de conserver l'exploitation à 500 volts et à 2 fils usitée pendant neuf ans. Après mûres réflexions, on se décida à doubler la tension de marche en utilisant le rail conducteur de la voie montante et celui de la voie descendante comme conducteurs extrêmes d'un système à trois fils et les rails de roulement comme fil neutre. La distribution aux sous-stations est faite à cinq fils, à l'aide de quatre génératrices à 500 volts en série; des deux fils extrêmes au potentiel de +1000 et —1000 volts partent quatre feeders alimentant quatre sous-stations où se trouvent quatre moteurs générateurs de régulation; le dernier feeder aboutit à l'extrémité de la ligne, à Islington (Angel), en vue du prolongement de celle-ci jusqu'à Euston. Des batteries-tampons se trouvent dans les sous-stations; dans celle d'Angel, il y a, en outre, un survolteur. Quand un court-circuit se produit en un point quelconque, les disjoncteurs automatiques placés sur les feeders ne coupent pas entièrement le courant, mais introduisent dans le circuit une résistance telle qu'il ne soit pas surchargé au delà d'une limite dangereuse, ce

Fig. 1.



Relevés effectués à la sous-station d'Angel, batteries en service.

A Tension sur l'un des pôles à la sous-station.
G Tension sur l'autre pôle à la sous-station.
B Courant sur l'un des conducteurs des voies.
E Courant sur l'autre conducteur.
C Courant sur l'un des feeders.
H Courant sur l'autre feeder.
D Courant de charge ou de décharge sur la batterie d'un pont.
F Courant de charge ou de décharge sur la batterie de l'autre pont.

qui a l'avantage de ne pas interrompre le service brusquement et de permettre au train d'atteindre la prochaine station.

L'usine génératrice comprend deux machines Willans à grande vitesse, de 125 kilowatts, et deux de 300 kilowatts, et deux machines Corliss à faible vitesse, de 600 kilowatts. D'après la moyenne de plusieurs relevés, faits en avril 1903, pour une production journalière de 21 470 kilowatts-heure, la consommation moyenne a été, pour l'ensemble de l'usine génératrice, de $10^{kg},8$ de vapeur et de $1^{kg},58$ de charbon par kilowatt-heure, valeurs très bonnes (1).

Le Tableau ci-dessous donne les dépenses d'exploitation des ascenseurs de deux types différents, hydrauliques et électriques, en usage dans les gares (2) :

	Dépense par kilomètre d'ascension.	
	Appareil hydraulique.	Appareil électrique.
Main-d'œuvre, y compris graissage et réparations (non compris l'employé de la cabine)	fr 0,376	fr 0,446
Matières, huiles, chiffons, y compris engrenages, commutateurs	0,088	0,111
Remplacement des cordes	0,132	0,251
Coût de la force motrice	2,031	0,990
Dépense totale	2,627	1,798

Afin de déterminer le rendement d'une sous-sta-

(1) D'après des relevés nombreux de consommation, la machine Willans consomme, à pleine charge, $13^{kg},7$ de vapeur par kilowatt-heure et les machines Corliss, à demi-charge, c'est-à-dire pour la même puissance et dans des conditions plus défavorables, seulement $10^{kg},7$. Il n'y a donc aucun doute sur l'avantage des machines Corliss au point de vue de l'économie de vapeur. Les frais de réparation sont également plus faibles pour ce type que pour la Willans ($0^{fr},0008$, au lieu de $0^{fr},0012$ par kilowatt-heure). Par contre, la dépense d'huile est plus forte ($0^{fr},0028$) pour la Corliss que pour la Willans ($0^{fr},0012$), par kilowatt-heure. En outre, le type Corliss est beaucoup plus encombrant. On espère obtenir, avec un moteur à vapeur Ferranti, nouvellement installé, une consommation de vapeur peu supérieure à celle d'un Corliss et avec presque la même vitesse que les Willans.

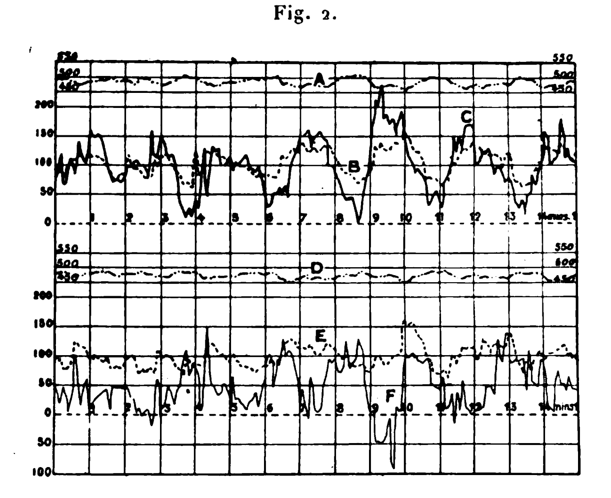
(2) D'après ce tableau, les ascenseurs électriques coûtent un peu plus cher comme entretien, mais ils consomment moins d'énergie et leur fonctionnement coûte au total presque moitié moins. Si l'énergie de compression n'était pas prise sur place et devait être transmise à une distance quelconque, il ne faudrait même pas songer aux ascenseurs hydrauliques.

Les ascenseurs électriques n'ont qu'un inconvénient, c'est de prendre subitement beaucoup de courant (200 ampères pendant quelques secondes), mais les à-coups sont moins appréciables s'il y a un grand nombre d'appareils en service et sont amortis par les accumulateurs, quand on en fait usage.

tion, celle d'Angel, par exemple, on a relevé, toutes les cinq secondes, pendant 15 minutes, les différentes valeurs portées sur la figure 1 : en A et G (traits doublement ponctués), la tension sur la ligne; en B et E (traits pointillés), les courants dans les deux sens dans les feeders; en C et H (traits pleins), les courants dans les deux sens dans les conducteurs électriques des voies; en D et F (traits ponctués), le courant de charge et de décharge dans les deux groupes d'accumulateurs. La régularité parfaite de la tension dans les feeders montre la bonne régulation à l'usine. On voit par l'examen des courbes B et H que le débit varie beaucoup d'une voie à l'autre et, au total, atteint quelquefois 700 ampères. La demande à la station génératrice (courbes B et E) ne subit pourtant pas de très grandes variations, car elle ne dépasse pas 245 ampères, grâce aux moteurs générateurs qui compensent les inégalités de débit sur les deux voies, et aux batteries qui, en se déchargeant, amortissent les pointes des décharges, pour se recharger pendant les moments de faible consommation.

On peut encore se rendre compte de l'influence des accumulateurs par la comparaison des courbes de la figure 1 avec celles de la figure 2, prises un jour en

Fig. 2.



Relevés effectués à la sous-station d'Angel, batteries retirées du service.

A Tension sur l'un des pôles à la sous-station.
D Tension sur l'autre pôle à la sous-station.
B Courant sur l'un des conducteurs des voies.
E Courant sur l'autre conducteur.
C Courant sur l'un des feeders.
F Courant sur l'autre feeder.

supprimant les connexions des batteries; dans ce dernier cas, la demande de courant à la station génératrice (courbes C et F) suit presque exactement la consommation (B et E) et comporte des maxima bien plus élevés; la tension à la sous-station (courbes A et D) est aussi un peu moins régulière.

On a déduit, d'une série de courbes semblables à celles de la figure 1, que le rendement de la transmission de la station génératrice à la sous-station est de 90,9 pour 100; le rendement des moteurs régulateurs est de 95 pour 100. Si l'on tient compte de la perte dans les batteries et de la petite quantité d'énergie prise par les survolteurs, on arrive à un rendement total, depuis la station génératrice jusqu'aux rails conducteurs de la voie, de 81,8 pour 100 (¹).

Le rendement total sans accumulateurs n'est guère plus élevé, 83 pour 100, parce que, la batterie n'étant plus là pour amortir les à-coups de la consommation, le travail des moteurs-régulateurs est plus dur et ne donne plus que 91.1 pour 100 de rendement dans la régulation, au lieu de 95.

Les autres centres de distribution moins éloignés qu'Angel et desservis par d'autres stations ou directement, ont un rendement plus élevé; les mesures ont donné 86 pour 100 à London Bridge, 96,6 à Kennington et 99,3 à Stockwell, ce qui donne un rendement moyen de 90,9 pour 100 entre la station génératrice et les rails conducteurs. La perte dans ceux-ci atteignant à peine 1 pour 100 aux points les plus éloignés des centres de distribution, le rendement de l'ensemble de l'installation de la station génératrice aux locomotives est de 90 pour 100, ce qui est un résultat remarquable.

L'énergie produite pendant le premier semestre de 1902 à l'usine (3781087 kilowatts-heure), où le facteur de charge a été de 49,2 pour 100, a coûté $0^{fr},044$ le kilowatt-heure, ce prix se décomposant comme suit :

	fr
Charbon.	0,0310
Eau, huile, déchets et autres matières	0,0046
Salaire, y compris l'ingénieur de service	0,0056
Entretien et réparations	0,0028

Si l'on y ajoute les dépenses des sous-stations, y compris l'entretien des accumulateurs, soit $0^{fr},0035$, on arrive au chiffre de $0^{fr},0475$ par kilowatt-heure produit.

Pendant cette période, le parcours des trains a été de 34531000 tonnes-kilomètres; la dépense de la station a été de $0^{fr},2881$ par train-kilomètre. La consommation de charbon à la station a été de

(¹) Le rendement des batteries de la sous-station d'Angel en énergie a été trouvé égal, par des mesures effectuées au compteur pendant plusieurs mois, à 88 pour 100, chiffre très élevé, dû à ce que les accumulateurs travaillent toujours dans le voisinage de 2 volts.



$0^{kg},066$ par tonne-kilomètre; ce chiffre, qui n'est pas le résultat d'une expérience particulière, mais de l'ensemble de l'exploitation, est plus élevé que celui obtenu dans des expériences de traction à vapeur sur des grandes lignes, mais doit être inférieur, d'après M. Mac Mahon, à celui que demanderait la traction à la vapeur pour un service métropolitain comme celui de South London, à démarrages fréquents.

Les dépenses d'entretien et de réparation des locomotives (1) sont faibles : $0^{fr},0289$ par train-kilomètre, comprenant :

	fr
Huile, déchets	0,0061
Matières pour les réparations....	0,0085
Main-d'œuvre de réparation	0,0143

Si l'on ajoute la dépense des locomotives à la dépense à la station centrale, on arrive à une dépense totale d'exploitation de $0^{fr},3171$ par train-kilomètre, non compris les frais d'amortissement généraux et frais d'administration.

Dans la discussion qui a suivi la communication de Mac Mahon, le 17 décembre, le professeur **Carus-Wilson** félicite le City and South London Railway de pouvoir assurer avec sécurité un service dans lequel il y a une différence de potentiel de 1000 volts entre les rails conducteurs et la voie de roulement servant de conducteur de retour; un tel résultat est possible avec l'emploi de locomotives, mais présenterait de grands dangers, d'après lui, avec des trains à voitures motrices multiples, offrant plus de chances de courts-circuits, surtout si l'on a des motrices au milieu du train. (Au Central London, les deux motrices étant aux deux extrémités du train, le danger est moins grand.) Il serait préférable d'avoir deux conducteurs de courant isolés (parce qu'il faut alors deux contacts à la masse sur deux pôles différents pour créer un court-circuit), comme on le fait pour le Great Northern and City et le Metropolitan District, ce qui est impossible avec le système à trois fils employé au South London, où le fil intermédiaire doit forcément être à la terre.

M. **Hobart** trouve que l'installation du South London emploie des dispositions peu modernes, qui sont trop compliquées. Des résultats aussi satisfaisants que ceux indiqués ne sont obtenus que grâce à une très grande habileté dans la conduite et la direction du matériel. Il n'est pas partisan des accumulateurs comme organe régulateur et trouve qu'il est préférable d'augmenter un peu la capacité des sous-stations.

M. **Highfield** n'est pas du même avis et pense que les accumulateurs, s'ils ont un bon rendement, peuvent être économiques et préférables à une augmentation du matériel générateur ; c'est le cas, notamment, au South London, d'après les chiffres fournis par M. Mac Mahon.

Notre opinion, sans être aussi absolue que celle de M. Hobart, s'en rapproche. Les batteries-tampons peuvent, dans les stations centrales, et surtout dans celles de traction, rendre des services, à condition que la tension ne présente pas de grandes irrégularités et que les accumulateurs soient bien soignés. Ces batteries, qui sont employées beaucoup en Allemagne, où l'on est méticuleux, le sont moins en France, encore moins en Angleterre et pas du tout en Amérique, parce que, dans ces divers pays, on ne veut pas s'astreindre aux précautions et soins continuels que demandent les accumulateurs. En ce qui concerne les modes de distribution, il est bien connu que, pour l'éclairage, le système direct à cinq fils à courant continu a, pour des rayons assez grands, un rendement supérieur au système par courant alternatif transformé en continu et donne une exploitation plus économique. Mais il exige de grandes précautions dans l'isolation de toute l'installation, dans la répartition des charges, et c'est pourquoi on lui préfère de plus en plus, malgré ses avantages, le système par courant alternatif transformé. L'exemple du City and South London montre également, d'une manière frappante, que, pour les chemins de fer urbains, la distribution directe à cinq fils à courant continu a un rendement et un coefficient économique qu'il serait impossible d'atteindre avec tout autre système, mais qui exige de grands soins dans la conduite de l'installation. Cet exemple, croyons-nous, ne sera pourtant pas suivi, parce que l'on préférera sacrifier un peu l'économie à la simplicité d'installation et de marche des appareils. Cette tendance sera encore plus accentuée que pour les usines d'éclairage, parce que les réseaux de traction sont généralement bien plus étendus et, qu'à partir d'une certaine limite, à peu près atteinte sur la ligne South London de 9^{km}, les systèmes à courant continu direct ne permettent pas d'employer une tension suffisamment élevée et conduisent, pour les canalisations, à des frais d'installation et, par suite, d'amortissement assez considérables pour détruire l'économie due au meilleur rendement de l'installation.

Ch. Jacquin.

(1) Les anciennes locomotives avec enroulement d'induit à anneau lisse passaient tous les mois à l'atelier pour nettoyage et revernissage de l'induit, qui était remplacé après un parcours moyen de $230\,000^{km}$, soit une dépense de 500^{fr}. Les nouvelles locomotives, avec les induits à encoches, sont en service depuis trop peu de temps pour avoir pu fournir des résultats précis, mais on a déjà pu constater qu'elles demandent beaucoup moins d'entretien et de réparation que les anciennes.

DIVERS.

Sur l'ionisation par le phosphore, par E. BLOCH. Communication faite à la séance du vendredi 5 février 1904 de la Société française de Physique.

Les premières expériences avaient établi que l'air qui a passé sur du phosphore devient conducteur et que l'intensité du courant auquel il peut donner passage, lorsqu'il est placé entre deux électrodes, tend vers une limite lorsqu'on fait croître la différence de potentiel entre ces électrodes. L'existence du courant de saturation, vérifiée depuis par Horms, démontre l'existence d'*ions* dans l'émanation du phosphore.

Un gaz ionisé est caractérisé par la densité des ions qui y sont disséminés; les variations spontanées de cet état dépendent de la mobilité des ions et du *coefficient de recombinaison* α, considéré par Townsend. La valeur de ce coefficient se déduit de mesures successives de la quantité totale d'électricité que peut céder un gaz ionisé. Les nombres trouvés pour l'air ionisé par le phosphore sont environ 1000 fois plus faibles que pour l'air ionisé par les rayons de Röntgen.

M. Langevin a introduit le rapport

$$\varepsilon = \frac{\alpha}{4\pi(k_1 + k_2)},$$

k_1, k_2 désignant les mobilités des ions positifs et négatifs; il a indiqué que ce rapport est égal à celui du nombre des collisions entre corpuscules chargés de signe contraire et le nombre des recombinaisons. Il a montré comment ce rapport pouvait être déterminé par des expériences électrométriques exécutées sur de l'air traversé par une seule émission de rayons X. M. Bloch a étendu la formule de M. Langevin au cas où l'air ionisé circule avec une vitesse constante dans un espace annulaire qui sépare deux électrodes cylindriques. Il a trouvé des valeurs de ε comprises entre 3 et 6. La signification théorique de ce nombre s'opposerait à ce qu'il fût plus grand que l'unité, *si l'air était exempt de poussières:* mais il ne saurait en être ainsi dans le cas de l'ionisation par le phosphore. L'air entraîne des particules d'un oxyde de phosphore qui sont assez grosses pour devenir visibles au microscope dans un éclairement intense et ces particules se soudent les unes aux autres. Dans ces conditions, il est facile de prévoir (et l'expérience l'a d'ailleurs vérifié pour le cas des rayons X) que les nombres mesurés ne représentent qu'une limite supérieure de la quantité qu'on cherche à déterminer. D'autre part, la faible mobilité des ions du phosphore exige que le rapport ε soit sensiblement égal à 1; le résultat obtenu par M. Bloch s'explique donc facilement. C'est à une erreur de calcul qu'est due l'affirmation erronée contenue dans une Note de l'auteur aux *Comptes rendus*, 14 décembre 1903, d'après laquelle les valeurs mesurées du coefficient α seraient inférieures à l'unité.

M. Bloch termine en indiquant comment il a pu mesurer la vitesse d'un courant gazeux en utilisant la formule de Poiseuille; il place en dérivation sur le tube parcouru par le gaz un petit tube en V très ouvert contenant une petite colonne de liquide, dont on peut suivre une extrémité au microscope.

C. R.

Courant presque saturé dans l'espace d'air compris entre deux sphères concentriques ou deux plans parallèles, par ED. RIECKE. (*Drude's Annalen*, t. XII, p. 814-819, et p. 820-827, novembre 1903.)

Dans un Mémoire précédent [1], l'auteur avait admis, comme condition aux limites, que la densité des ions positifs devait être nulle sur la surface de la sphère intérieure. Comme cette hypothèse n'est qu'approximativement exacte, il vaut mieux ne pas l'introduire et la remplacer par la suivante :

$$\varepsilon \upsilon V(N'F)_i = c_i - \varepsilon k' \left(\frac{dN'_0}{dr}\right)_i,$$

cette équation se rapportant à la surface de la sphère intérieure. L'équation finale est alors indépendante de la diffusion.

Le dernier Mémoire, relatif aux plans parallèles, est une application à ce cas de la théorie développée dans les Mémoires antérieurs. M. L.

Procédé J.-C.-T. Kessmeier pour le moulage du verre par le four électrique. — Brevet américain n° 745863, déposé le 14 novembre 1902, accordé le 1er décembre 1903.

Pour qu'on puisse le mouler, le verre doit être dans un état de fluidité extrême. On introduit d'abord la matière à vitrifier dans un four qu'on chauffe extérieurement par du combustible. Le verre fondu s'écoule dans un tube à travers les parois duquel passent deux électrodes en charbon; le courant traverse le verre (qui, en fusion, est conducteur de l'électricité) et le porte à une très haute température; on le dirige alors dans les moules.

P. L.

[1] *Écl. élect.*, t. XXXVII, p. 64, octobre 1903.

BREVETS D'INVENTION (¹).

BF. Brevet français. — BP. Patente anglaise. — DRP. Patente allemande. — USAP. Patente des États-Unis.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

E. A. G. v. Schuckert et C°. — Electromoteur actionné par l'eau. DRP. 147681, 20 mars 1903.

Mismahl. — Réglage des moteurs à explosions couplés aux dynamos. DRP. 147581, 9 décembre 1903.

Daguet et Sauvegrin. — Nouveau mode de production d'énergie électrique. BF. 334405, 4 août 1903.

Marques. — Générateur d'énergie électrique. BF. 328164, 4 décembre 1902.

Siemens et Halske A. G. — Machine électrique. DRP. 148002, 27 avril 1902.

Ziegenberg. — Dynamo ou moteur à champ alternatif. USAP. 748907, 25 avril 1903.

Loppé et la Compagnie d'électricité de Creil. — Procédé et dispositifs permettant d'obtenir une tension pratiquement constante avec une dynamo à vitesse variable. BF. 333943, 10 juillet 1903.

Allgemeine Electricitæts Ges. — Dispositif pour éviter la chute de tension. DRP. 148074, 23 nov. 1902.

Société alsacienne de constructions mécaniques. — Système de réglage automatique de la tension des alternateurs. BF. 334135, 25 juillet 1903.

Compagnie de Fives-Lille. — Mise en quantité des alternateurs. BF. 335970, 14 octobre 1903.

Andrews. — Synchroniseur pour couplage d'alternateurs. USAP. 749252, 25 juin 1903.

A. G. « Magneto ». — Inducteur magnétique. DRP. 147756, 20 juin 1900.

Hasslacher. — Enroulement avec commutateur. DRP. 147861, 23 juillet 1902.

Electricitæts A. G. v. Lahmeyer et C°. — Anneau frotteur. DRP. 148180, 11 juin 1903.

Electricitæts A. G. v. Lahmeyer et C°. — Transformateur. DRP. 148023, 13 décembre 1902.

Kammerer. — Transformateur. DRP. 147361, 27 février 1903.

D'Arsonval, Gaiffe et Gallot. — Perfect. apportés aux transformateurs et condensateurs électriques. BF. 334406, 4 août 1903.

Gaiffe, d'Arsonval et Gallot. — Dispositif de sécurité pour transformateurs et condensateurs électriques isolés par des gaz sous pression. BF. 335794, 16 septembre 1903.

Société française pour la fabrication d'appareils téléphoniques et électriques. — Nouveaux trembleurs pour bobines d'induction. BF. 334028, 21 juillet 1903.

Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft. — Dispositif de redressement des courants alternatifs polyphasés au moyen d'éléments unipolaires. BF. 333989, 20 juil. 1903.

Andrieu. — Générateur thermo-électrique. BF. 334439, 6 août 1903.

Brandt. — Perfectionnements aux piles de batteries sèches. BF. 333938, 9 juillet 1903.

Brand-Kempelmann et Sandfurt. — Panier en charbon destiné à remplacer les vases poreux de l'élément Leclanché. BF. 334138, 25 juillet 1903.

Selbach. — Pile secondaire à électrodes cylindriques. BF. 334065, 5 mai 1903.

De Laminière. — Accumulateur. BF. 335688, 14 septembre 1903.

Schneider et Beissbarth. — Accumulateur. BF. 334298, 30 juillet 1903.

Société civile du nouvel accumulateur Oblasser Theryc. — Accumulateur. BF. 328181, 20 déc. 1902.

Gondrand. — Plaque d'accumulateur. DRP. 147639, 21 avril 1901.

Hager. — Electrode d'accumulateur. USAP. 749185, 31 janvier 1901.

Feldkamp. — Procédé de formation des électrodes. USAP. 748940, 17 avril 1903.

Knickerbocker Trust C°. — Électrolyte pour accumulateur. DRP. 147979, 25 mars 1900.

Field. — Perfectionnements dans la fabrication de vases inattaquables aux acides. BF. 333928, 4 juillet 1903.

Vialar. — Appareil destiné à la charge des accumulateurs dits : *disjoncteurs-accumulomètres*. BF. 334285, 31 juillet 1903.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Johnson et Richardson. — Transmission électrique. DRP. 147763, 10 juin 1902.

Lamm. — Conducteur électrique. DRP. 148159, 13 août 1899.

Heany. — Conducteurs électriques isolés. BF. 335612, 29 septembre 1903.

Collet. — Support mobile isolateur pour ligne électrique bifilaire à installation et tension rapides. BF. 334409, 4 août 1903.

Pacoret. — Moulure rationnelle pour câbles et fils électriques. BF. 335825, 8 octobre 1903.

Keller (D. et H.). — Boîte de branchement. DRP. 148160, 12 décembre 1902.

Krantz. — Boîte de jonction. USAP. 749442, 25 mai 1903.

Lutz. — Joints et coudes pour conduites à câbles. USAP. 749391 et 749392, 7 mai 1901.

(¹) Tous les brevets mentionnés ici ont été récemment déposés (en France) ou acceptés (à l'étranger). La date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

Les listes de brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur-conseil, en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier).

Anderson (J.-C.). — Machine à couvrir les fils. USAP. 748911, 30 avril 1903.

Randolph. — Composition isolante. USAP. 749224, 25 avril 1902.

Ford. — Connecteur de fil. USAP. 748716, 9 octobre 1903.

Le Fevre. — Coupleur électrique. USAP. 748961, 28 janvier 1903.

Birteland. — Interrupteur. DRP. 148102, 10 novembre 1901; 148112, 30 mars 1902.

Collet-Delval. — Coupe courant électromagnétique avertisseur en cas de court-circuit, dénommé *magnéto-disjoncteur*. BF. 334095, 23 juillet 1903.

Hottelart. — Support isolateur et interrupteur de courant électrique. BF. 335933, 12 septembre 1903.

Leimer et Leroy. — Rapide interrupteur électromagnétique. BF. 334196, 18 avril 1903.

Mc Pherson. — Interrupteur. USAP. 749085, 14 novembre 1902.

Siemens et Halske. — Cartouche fermée et inexplosible pour interrupteurs. BF. 335642, 30 septembre 1903.

Cope. — Commutateur. USAP. 749261, 20 août 1903.

Kellogg. — Commutateur. DRP. 147978, 30 novembre 1900.

Kelly. — Commutateur pour hauts potentiels. USAP. 749200, 23 mai 1903.

Upel. — Commutateur. DRP. 147860, 5 décembre 1902.

Nagel. — Fusible. USAP. 748639, 24 avril 1903.

Cone. — Parafoudre. USAP. 749426, 28 mai 1903.

Compagnie de Fives-Lille. — Rhéostat liquide automatique. BF. 335969, 14 octobre 1903.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Dulait, Zelenay et Rosenfeld. — Moteur polyphasé. DRP. 147426, 19 avril 1901.

Fynn. — Moteurs à courants alternatifs. BF. 335797, 17 septembre 1903.

Perret. — Dispositif moteur électrique à double coupe-circuit. BF. 335521, 22 septembre 1903.

Siemens et Halske A. G. — Moteur à courants alternatifs. DRP. 148073, 2 octobre 1902.

Sundh. — Appareil mû électriquement pour la commande du circuit d'un moteur électrique ou autre appareil. BF. 333800, 11 juillet 1903.

Maschinenfabrik Œrlikon. — Enroulement pour moteur à champ tournant. DRP. 147427, 10 février 1903.

Ihlder. — Régulateur de vitesse pour moteur à courant alternatif. USAP. 749439, 22 mars 1902.

Linquist. — Perfectionnements apportés aux dispositifs de contrôle des moteurs électriques. BF. 333801, 11 juillet 1901.

Muschenheim et Hendry. — Appareil de réglage automatique de la vitesse des moteurs. USAP. 748635, 2 juin 1902.

MESURES.

Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft. — Compteur d'électricité pour réseaux à courants polyphasés à quatre conducteurs. BF. 334016, 21 juillet 1903.

Blumenthal et Schlesinger. — Compteur électrique à pendule. BF. 333818, 13 juillet 1903.

Conrad. — Compteurs d'électricité. BF. 335599, 26 septembre 1903.

Deutsch-russische Elec. Zähler Ges. m. b. H. — Compteur. DRP. 147981, 17 août 1902.

Electrizitäts A. G. v. Schuckert und C°. — Compteur. DRP. 148030, 9 avril 1903.

Lux. — Compteur d'électricité électrolytique. DRP. 147792 et 147980, 4 mai 1902.

Nec. — Compteur électrique. BF. 334371, 4 août 1903.

Plain. — Compteur horaire applicable à la lumière électrique. BF. 334354, 30 juillet 1903.

Union Electricitæts Ges. — Compteur d'électricité. DRP. 148161, 16 mai 1903.

Veyret. — Compteur horaire électrique unipolaire à marche contrôlable, BF. 334215, 29 juillet 1903.

Elektrotechnisches Institute Frankfurt Gesellschaft und M. Beez. — Instruments de mesures électriques. Amortisseur pour aiguilles d'instruments de mesures. BF. 335814, 7 octobre. 335828, 8 octobre 1903.

Siemens et Halske A. G. — Mesure de l'isolement et de la tension. DRP. 147793, 25 février 1903.

Zacharias. — Aimant astatique et procédé de fabrication. BF. 335877, 12 octobre 1903.

TRACTION.

Lowrie. — Tramway à conduite souterraine. USAP. 748872, 21 juin 1901.

Pullen. — Tramways à contacts superficiels. USAP. 49401, 18 avril 1903.

Steinberger. — Isolateur pour fil de traction. USAP. 749335 et 749336, 18 septembre et 12 novembre 1902.

Mocquet. — Système de prise de courant à contacts multiples. BF. 334437, 5 août 1903.

Allen. — Perche de trôlet. USAP. 749601, 2 novembre 1903.

Kilbourn. — Support de trôlet. USAP. 749301, 14 août 1902.

Rockwell. — Perche de trôlet. USAP. 748987, 7 novembre 1903.

Williams. — Trôlet. USAP. 749509, 19 août 1903.

Dodd. — Contrôleur pour moteur de traction. USAP. 749271 et 749272, 4 et 13 juin 1903.

Bell (W.-J.). — Commutateur pour tramway. USAP. 748688, 7 mai 1903.

Siemens et Halske A. G. — Contrôle pour freins électriques. DRP. 147679, 3 mai 1902.

Wilde. — Frein électromagnétique. DRP. 148086, 13 décembre 1902.

Kintner (Ch.-J.). — Chemin de fer électrique. USAP. 748619 à 748621, 22 septembre 1899, 10 mars 1902, 15 novembre 1902.

Buder. — Prise de courant pour chemins de fer électriques. DRP. 148210, 18 novembre 1902.

Eader. — Collecteur de courant pour troisième rail. USAP. 749042, 27 juillet 1903.

Duffy (H.-F.). — Protecteur de troisième rail. USAP. 748591 et 748592, 20 juin 1903.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

La technique des courants alternatifs, à l'usage des électriciens, contremaîtres, monteurs, etc., par GIUSEPPE SARTORI. Traduit de l'italien par J.-A. MONTPELLIER. Tome I : *Exposé élémentaire et pratique des phénomènes du courant alternatif*. Un volume in-8° de x-472 pages, 260 figures et 2 planches. Vᵛᵉ Ch. Dunod, éditeur, Paris. — Prix : broché 15ᶠʳ, cartonné 16ᶠʳ, 50.

C'est avec infiniment de plaisir que nous avons parcouru ce beau Volume de M. G. Sartori où il expose, avec une remarquable clarté, les phénomènes si complexes du courant alternatif. Ce premier Volume contient les leçons professées par l'auteur aux Cours du soir de l'École industrielle de l'État à Trieste, école fréquentée par des contremaîtres, des techniciens, des mécaniciens et des ouvriers attachés aux différents établissements et usines de la ville de Trieste : « des jeunes gens n'ayant qu'une instruction primaire, mais qui sont remplis de bonne volonté.... » Aussi, même les calculs algébriques y sont évités : tous les phénomènes sont considérés à un point de vue physique, sans toutefois négliger le côté scientifique de la question. C'est une véritable œuvre de vulgarisation qui rendra d'énormes services même aux électriciens et aux ingénieurs, dont la spécialité n'est pas l'électricité industrielle, mais qui désireraient pourtant acquérir les notions fondamentales de cette science appliquée. Cet Ouvrage sera accueilli, nous l'espérons, avec le même sentiment de reconnaissance qu'en Italie, et cela grâce à l'admirable traduction qu'en a faite M. J.-A. Montpellier. Hâtons-nous de dire qu'il y aura un second Volume comprenant exactement les mêmes Chapitres que le premier, mais où le calcul simplifiera et précisera le langage purement physique du premier Volume.

Voici, en outre, un court résumé de la Table des matières du premier Volume :

Introduction : Fonction d'un générateur électrique. Courant électrique. Établissement d'une transmission d'énergie. Mouvement alternatif. Transformation d'une énergie mécanique en énergie électrique. Courant alternatif, etc. Applications du courant alternatif. Phénomènes stroboscopiques.

Chapitres I à XIX : Phénomènes périodiques et manière de les représenter. — Phénomènes d'induction électromagnétique. — Phénomènes d'induction mutuelle et de self-induction. — Courant alternatif et impédance d'un circuit. — Valeurs particulières des quantités électriques périodiques. Instruments de mesure. — Forme des courbes représentatives des quantités alternatives. — Effets produits par un condensateur intercalé dans un circuit parcouru par un courant alternatif. — Bobines de réactance. — Courants polyphasés. — Champs magnétiques produits par les courants alternatifs. — Alternateurs. — Transformateurs. Moteurs synchrones. — Moteurs asynchrones polyphasés. — Moteurs asynchrones à courant alternatif simple. — Transformateurs tournants. — Couplage des alternateurs. — Mesure du rendement industriel. — Lignes de transmission. Systèmes de distribution.

EUGÈNE NÉCULCÉA.

Traité pratique de traction électrique, par L. BARBILLION, maître de conférences à l'Institut électrotechnique de Grenoble, et G.-J. GRIFFISCH, chef des études de la traction mécanique à la Compagnie générale des Omnibus de Paris. T. II, 1 vol. format $28^{cm} \times 19^{cm}$, 780 p., 442 fig. — E. Bernard, éditeur, 29, quai des Grands-Augustins, Paris (6ᵉ). — Prix des deux Volumes brochés : 40ᶠʳ.

Le premier Chapitre de ce Volume (Chap. VI de l'Ouvrage) est consacré au matériel roulant et termine l'étude détaillée des diverses parties des installations de traction. La description raisonnée de celles-ci forme la matière des trois Chapitres suivants. Enfin, le dernier chapitre (Chap. X de l'Ouvrage) fournit des documents très complets sur la législation relative à la traction.

Des trois chapitres consacrés aux installations, le premier traite des réseaux de tramways. Le suivant s'occupe de la traction électrique sur les grandes voies ferrées; il est particulièrement d'actualité et, mis au courant des nombreux travaux qui ont été publiés tout récemment sur cette question, il présente beaucoup d'intérêt. Débutant par une comparaison économique entre la traction électrique et la traction à vapeur, il donne ensuite la description des métropolitains actuellement en exploitation, puis celle des chemins de fer de banlieue, des chemins de fer secondaires, des lignes de traversée des grandes villes, etc., enfin la relation des essais à grande vitesse effectués en Allemagne. Dans l'autre Chapitre ont été groupées les installations de traction électrique d'application spéciale : trottoirs roulants, chemins de fer suspendus, traction sur les canaux, automobilisme.

On ne saurait trop féliciter les auteurs d'avoir mené à bien une œuvre aussi considérable, source inépuisable de nombreux et utiles renseignements sur tout ce qui touche à la traction électrique. Il serait regrettable que ces renseignements devinssent surannés, et c'est ce qui malheureusement risque de se produire avec les progrès rapides de la traction par l'électricité. Aussi leur souhaitons-nous, à MM. Barbillion et Griffisch, un prompt épuisement de cette première édition. J. B.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Essais de turbo-alternateurs Brown-Boveri-Parsons.

Comme complément à l'article paru sur ce sujet dans la *Revue électrique* du 15 janvier, page 19, nous pouvons donner les renseignements suivants qui témoignent de l'importance de plus en plus grande que prennent les turbines à vapeur dans les stations centrales, grâce à leur faible consommation spécifique.

1° Turbo-alternateur de 4000 chevaux de l'usine génératrice n° 1 de la ville de Dresde. Ce groupe est en service depuis août 1902; il a été prévu pour fonctionner dans les conditions suivantes : pression de la vapeur à l'admission, 13 kg : cm²; surchauffe, 300° C.; vitesse, 1360 t : m; puissance disponible aux bornes de l'alternateur, 2600 kilowatts; tension, 3000 volts; facteur de puissance, 0,8. Ses dimensions d'encombrement sont : longueur, 16^m,5; hauteur et largeur 2^m,5. Tous les organes de la turbine sont facilement accessibles; il suffit de déboulonner la partie supérieure du cylindre pour mettre à découvert tout l'intérieur de la machine. La mise en marche est très rapide; il ne faut pas plus de 15 minutes pour amener le cylindre à sa température de régime. On ne dépense en huile que la minime portion perdue par évaporation; et, de plus, les résidus du graissage ne peuvent jamais souiller les eaux de condensation qui sont ainsi retournées directement aux chaudières. Au point de vue de la régulation, les turbines ont une supériorité incontestable sur les moteurs à vapeur ordinaires; la vapeur, en effet, accomplit son trajet, entre l'entrée et la sortie du cylindre, en moins d'une seconde; tout déplacement du régulateur qui commande une soupape d'admission unique, aura donc instantanément sa répercussion sur la marche du moteur. Le groupe en question n'a jamais présenté aucune difficulté pour sa mise en parallèle avec les autres alternateurs de l'usine; cela tient, d'ailleurs, non seulement aux qualités propres de la turbine, mais à la construction spéciale de l'inducteur tournant auquel on donne la forme d'un rotor de moteur asynchrone. Dans le Tableau ci-dessous sont résumés les résultats de mesures effectuées sur ce groupe en service normal :

PRESSION de la vapeur avant la soupape.	SURCHAUFFE.	CHARGE.	VIDE au condenseur en pour 100 de la hauteur barométrique.	CONSOMMATION de vapeur par kilowatt-heure.
kg : cm²	°	kw		kg
12,63	298	1945	93,2	7,20
12,8	295	2518	91,8	7,09
10,0	312	2995	90,0	6,70

Ces résultats, rapportés au cheval-heure indiqué et en admettant un rendement de 85 pour 100, donnent une consommation de 4^{kg},50, 4^{kg},43 et 4^{kg},19 de vapeur en marche ordinaire. D'après les clauses du traité, les constructeurs garantissaient ne pas dépenser plus de 7^{kg},2 de vapeur par kilowatt-heure pour une pression de 12,8 kg : cm², une surchauffe de 300° C. et une charge de 2600 kilowatts (Extrait d'un Rapport de M. Singer sur l'Exposition de Dresde, 1903).

2° Turbine de 2100 chevaux de l'usine génératrice de Rheinfeld. Cette turbine est accouplée directement à un alternateur triphasé de 1400 kilovatts fournissant du courant à la tension de 6000 volts. Ce groupe, inauguré vers le milieu d'octobre 1903, sert de réserve à l'usine hydro-électrique. On a relevé les consommations de vapeur suivantes :

6^{kg},9 par kilowatt-heure pour une charge de 1440 kilowatts, et 7^{kg},8 par kilowatt-heure pour une charge de 720 kilowatts; alors que les garanties étaient respectivement de 8^{kg},5 et 10^{kg},4 de vapeur par kilowatt-heure.

3° Signalons encore, en terminant, l'installation de deux turbines à vapeur de la même maison pour l'usine génératrice de Berne; ces turbines sont accouplées à des alternateurs triphasés d'une puissance de 485 kilowatts, mais qui peuvent aussi bien fournir du courant alternatif simple. Elles sont munies chacune d'un condenseur à injection, placé sous la turbine, et dont la pompe est entraînée par moteur triphasé. Les garanties de consommation sont : 9^{kg} de vapeur par kilowatt-heure à pleine charge, 10^{kg},7 à demi-charge. Nous ne connaissons encore aucun résultat d'essais; mais des chiffres rappelés plus haut il est facile de prévoir que les dépenses effectives en vapeur seront bien inférieures à celles stipulées dans le traité. B. K.

Sur l'utilisation de l'énergie électrique en vue des usages agricoles.

Dans une circulaire, en date du 6 janvier et insérée au *Journal officiel*, le Ministre de l'Agriculture, M. Mougeot, appelle l'attention des Préfets sur les services agricoles que peuvent rendre les petites chutes des cours d'eau non navigables ni flottables, chutes utilisées autrefois par des moulins aujourd'hui abandonnés pour des causes diverses, particulièrement la concentration de l'industrie meunière dans des usines plus importantes.

La circulaire fait ressortir l'intérêt qu'ont les agriculteurs à se servir de l'énergie électrique produite par ces chutes pour l'éclairage des divers bâtiments des fermes, la mise en mouvement des machines à battre, des concasseurs d'avoine, des barattes à beurre, des scies, des meules, etc. Elle insiste sur la faiblesse des dépenses qu'entraînerait l'aménagement des anciens moulins dont il suffirait, le plus souvent, de remplacer les roues hydrauliques de trop faible rendement par des turbines actionnant une dynamo; rappelle que, d'ailleurs, les agriculteurs peuvent se constituer en associa-

tion syndicale pour effectuer ces installations; invite les ingénieurs et conducteurs du service hydraulique et les agents du service des améliorations agricoles à faire valoir aux intéressés les avantages qu'ils en retireraient et les autorise à dresser les projets de ces installations; enfin indique que des subventions pourront être accordées, dans les conditions prévues par l'arrêté ministériel du 25 juillet 1903, aux intéressés qui en feront la demande.

A cette circulaire est annexée une Notice donnant quelques détails techniques relatifs à ces installations.

Après l'énumération des nombreuses machines agricoles où l'énergie musculaire de l'homme ou du cheval serait avantageusement remplacée par l'énergie électrique, la Notice insiste sur les facilités d'entretien et de surveillance et sur l'économie que présentent les moteurs électriques sur les moteurs à vapeur ou à pétrole, employés pour la mise en mouvement des machines agricoles plus puissantes.

La puissance de quelques machines est ainsi évaluée :

Écrémeuse, baratte, concasseur, tarare.........	1 cheval
Batteuse....................................	4 chevaux
Hache-maïs, scie à ruban......................	6 »
Scie circulaire................................	8 »

Le service de ces machines, dont le fonctionnement simultané n'est jamais nécessaire, pourrait être facilement assuré par une chute de $1^{m},50$ de hauteur et de 800^{l} par seconde de débit. Cette chute donnerait, en effet, une puissance hydraulique de 16 chevaux et une puissance électrique aux bornes de la dynamo de

$$16 \times 0,75 \times 0,80 = 9^{chx},$$

en prenant 0,75 pour le rendement de la turbine et 0,80 pour celui de la dynamo. En supposant la chute située à 700^{m} ou 800^{m} des machines d'utilisation, la dépense totale (ligne de transmission et moteur électrique de 8^{chx} compris) est évaluée comme suit :

	fr
Aménagement du barrage, réfection des canaux et des ouvrages de décharge	2000
Établissement du bâtiment pour loger la turbine et la dynamo (15^{m^2} à 80^{fr} le mètre carré)...........	1200
Fourniture et pose d'une turbine (15 chevaux) avec accessoires....................	6000
Dynamo génératrice de 9 chevaux (22 ampères, 300 volts)........................	1600
Tableau de distribution..........................	500
1400^{m} de fil..	2500
Poteaux et isolateurs..........................	400
Dynamo réceptrice de 8 chevaux..................	1400
Tableau de distribution..........................	500
Dépenses diverses (démolition de l'ancienne roue et du bâtiment, montage du matériel, etc.).........	2000
TOTAL.....	18000

Quant aux frais annuels d'exploitation, entretien et amortissement compris, ils seront :

	fr
Intérêts du capital à 5 pour 100......................	900
Amortissement des bâtiments à 2 pour 100..........	64
Amortissement des machines à 7 pour 100..........	885
Entretien et nettoyage............................	100
Graissage..	100
	2049

On ne compte aucune dépense de personnel, attendu qu'une semblable installation ne demande pas de surveillance, un ouvrier agricole quelconque pouvant mettre la turbine en marche ou l'arrêter suivant les besoins.

Dans ces conditions, en supposant qu'on n'utilise l'installation que pendant 10 heures par jour et 300 jours par an (comme s'il s'agissait d'un moteur à vapeur), la dépense par cheval-heure revient à

$$2049 : 3000 \times 8 = 0^{fr},085.$$

Si l'on veut tenir compte de l'éclairage et qu'on suppose, pour l'éclairage seul, en dehors des heures de travail, un fonctionnement de 1000 heures par an, le prix unitaire s'abaissera à $0^{fr},065$. Avec une distance de transport double, ces chiffres s'élèveraient respectivement à $0^{fr},11$ et $0^{fr},10$ environ.

Ces prix sont bien inférieurs à ceux qu'on obtiendrait avec des moteurs thermiques. Les moteurs à alcool ou à pétrole consomment au moins $0^{l},5$ de combustible par cheval-heure; ce combustible coûtant de $0^{fr},35$ à $0^{fr},40$ le litre, on voit immédiatement que la dépense de combustible est déjà le double du prix de revient total du cheval-heure électrique. Quant à une machine à vapeur semi-fixe, de 8 chevaux, son installation revient à 7260^{fr} et ses frais annuels d'exploitation, d'entretien et d'amortissement s'élèvent à 4536^{fr}, pour une durée de travail de 3000 heures, ce qui fait ressortir le cheval-heure à $0^{fr},19$.

Il est à espérer que ces comparaisons convaincront les agriculteurs de l'intérêt qu'ils ont à utiliser les petites chutes d'eau et que la circulaire de M. Mougeot aura quelque effet. Les constructeurs électriciens ne s'en plaindront pas, car, si chaque installation n'a que peu d'importance, le nombre des installations possibles est grand.

Mort du Dr Friedrich von Hefner-Alteneck.

Nous apprenons avec regret le décès du savant allemand Friedrich von Hefner-Alteneck, qui a succombé le 7 janvier dernier, dans sa 59e année, à une attaque d'apoplexie foudroyante. Il était né à Aschaffenbourg le 27 avril 1845 et, dès sa plus tendre enfance, avait manifesté un penchant extraordinaire pour tout ce qui concerne la mécanique. Ses fugues nombreuses du domicile paternel avaient toujours pour objectif la station du chemin de fer, où il étudiait avec passion le mécanisme des locomotives; vers l'âge de 12 ans, il construisait un petit réveil avec des déchets de fer-blanc comme matière première. A sa sortie de l'école primaire, où il avait fait le désespoir de son maître qui lui reprochait de penser toujours à autre chose qu'à ses devoirs et ses leçons, son père lui fit suivre les cours des écoles supérieures de Munich et de Zurich. Là encore il ne fut pas un brillant élève, mais l'un de ses professeurs, le distingué G. Zeuner, eut l'intuition que ce rêveur deviendrait un jour un homme célèbre et, entre le maître et l'élève, s'établit une de ces solides amitiés que seule la mort peut briser. Von Hefner-Alteneck eut des débuts assez modestes; il travailla d'abord comme ouvrier; puis conquit rapidement ses grades

dans la célèbre maison Siemens et Halske, dont il devint bientôt et resta pendant longtemps l'un des ingénieurs les plus distingués. Sans vouloir énumérer ici tous les perfectionnements qu'il a apportés dans les différentes branches de l'Electrotechnique, perfectionnements dont beaucoup sont aujourd'hui tombés en désuétude, nous rappellerons qu'on lui doit l'enroulement en tambour, la lampe différentielle dont l'apparition a été pour ainsi dire le point de départ de l'éclairage par arc puisqu'elle permettait d'alimenter plusieurs lampes par une même dynamo, et enfin son fameux étalon photométrique à l'acétate d'amyle, encore le plus employé de nos jours. Von Hefner-Alteneck fut membre de l'Académie des Sciences de Prusse, docteur honoraire de l'Université de Munich et membre honoraire de la Société des Electriciens allemands, au développement et à la prospérité de laquelle il consacra ses dernières années. De son vivant même, il avait pu lire son nom gravé sur le frontispice de la Centrale de Stockholm, à côté de ceux d'Ampère, Volta, Ohm, Faraday, etc.

Sa disparition est une perte pour la Science électrique et nous nous associons au deuil de ses concitoyens. B. K.

Société française de Physique.

La dernière séance, du vendredi 5 février, débute par l'allocution d'usage du nouveau président, M. d'Arsonval.

L'ordre du jour appelle la communication de M. E. Bloch sur l'*Ionisation par le phosphore;* un compte rendu en est donné dans ce numéro, p. 90.

M. Teisserenc de Bort communique ensuite les résultats de 5 années d'observations sur *La variation de la température de l'air avec la hauteur*. A la suite de cette communication, M. Nordmann, se basant sur les chiffres indiqués par M. Teisserenc de Bort et sur la loi de variation de la susceptibilité magnétique de l'air avec la température, montre que le champ magnétique terrestre ne saurait être influencé que d'une façon insignifiante par les variations de la température de l'atmosphère et que, par conséquent, ces variations ne peuvent expliquer, comme l'ont pensé plusieurs physiciens, les perturbations de l'aiguille aimantée.

Informations diverses.

Usines génératrices. — Il y a quelques semaines, la Compagnie Vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe a inauguré l'usine hydro-électrique de 10000 chevaux, qu'elle a érigée près de Vallorbe et dont le but est de fournir l'énergie électrique à plus de 190 communes du canton de Waadt. Les turbines sont alimentées par les eaux s'écoulant du lac de Joux sous une chute de près de 238^{m}. La tension du courant est de 13000 volts fournis directement par les alternateurs.

— La petite ville de Drammen (Suède) reçoit aussi de l'énergie électrique pour éclairage et force motrice d'une usine génératrice inaugurée en novembre dernier. L'usine utilise les chutes de Gravfos situées à 38^{km} de la ville. Sa puissance totale est de 5400 chevaux fournis par des unités de 900 chevaux. Le courant est transmis à la tension de 25000 volts. Presque tout le matériel électrique provient de la Maschinen Fabrik Œrlikon.

— A Bukarest, l'Elektricitäts A. G. vorm. M. Lahmeyer et Cie vient de construire une petite usine électrique à vapeur pour les ateliers du chemin de fer, auxquels elle fournit toute l'énergie nécessaire pour l'éclairage et pour actionner les machines-outils, pompes, ventilateurs, ponts roulants. Il y a 3 machines à vapeur de 100 chevaux; la tension de distribution est de 440 volts.

— D'après l'*Elektrotechnischer Anzeiger,* une usine électrique, avec moteurs à gaz alimentés par les gaz provenant de la distillation de la tourbe, a été inaugurée tout récemment en Suède, à Roslaeu, à 3^{km} de Svedala. L'énergie électrique est transmise et distribuée à Svedala, Skaberfjoe et autres localités avoisinantes. C'est la première usine, paraît-il, de ce genre, non seulement en Suède, mais dans le monde entier et, si les résultats de son exploitation répondent aux espérances des promoteurs, il est à présumer que les immenses tourbières du nord de l'Europe ne tarderont pas à être utilisées pour la production de l'énergie électrique.

Transmission. — A Rénazé (Mayenne), M. P. Delaporte a obtenu de la Municipalité une concession de cinquante ans pour l'éclairage et la transmission de la force motrice tant pour la ville et les particuliers que pour les nombreuses ardoisières situées sur le territoire de la commune. L'usine électrique est en construction et doit fonctionner le 1er mai prochain.

Traction. — Un projet de tramway électrique de Cannes à Grasse vient d'être présenté au Conseil général des Alpes-Maritimes.

Télégraphie sous-marine. — Il y a quelques mois, la Chambre des Députés votait l'établissement d'un câble de Brest à Dakar, établissement qui nécessitera une dépense de 23000000^{fr} environ. Les travaux vont commencer et la Chambre est saisie d'une demande de crédits de 4000000^{fr} pour y faire face. La Commission spéciale chargée d'examiner cette demande a déposé ces jours derniers un rapport favorable.

Télégraphie sans fil. — Sur l'invitation du Gouvernement anglais, Marconi a fait la traversée de Gibraltar sur le bateau de guerre *Duncan* pour essayer de rester en liaison constante avec Poldhu. Tandis que les messages arrivèrent sans difficultés de Poldhu sur le *Duncan* se trouvant devant Gibraltar, les communications en sens inverse ne purent réussir, la transmettrice du bord n'étant pas assez puissante. La distance est d'environ 1000 milles.

— A Bari (Italie), une station de télégraphie sans fil d'une portée de 320 milles est sur le point d'être achevée.

— D'après la *Zeitschrift fur Elektrotechnik* la Compagnie générale de navigation italienne a décidé de pourvoir toute sa flotte de dispositifs de télégraphie sans fil du système Marconi. Une redevance de 8000^{fr} par navire sera versée à la Compagnie propriétaire des brevets Marconi; en outre, celle-ci percevra une taxe de 0^{fr},30 par mot transmis de navire à navire; toutefois, les 30 premiers mots des dépêches de service seront exempts de cette taxe.

Tome I. — N° 4. 29 février 1904.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Charpentier, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, Guilbert, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Maurain, Pellissier, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

SOMMAIRE.

I. **Articles :** Conditions générales d'utilisation d'une batterie-tampon munie d'un survolteur automatique (*suite*), par M. Sarrat, p. 97.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 105; Transmission et Distribution, p. 106; Traction, p. 109; Électrochimie, p. 110; Divers, p. 121.

III. **Brevets d'invention,** p. 123. — IV. **Bibliographie,** p. 125. — V. **Variétés et informations,** p. 126.

CONDITIONS GÉNÉRALES D'UTILISATION D'UNE BATTERIE-TAMPON MUNIE D'UN SURVOLTEUR AUTOMATIQUE (*suite*).

IV. Survolteur différentiel à trois enroulements (¹) **(cas de la dynamo compound et de la commutatrice).** — Nous avons vu que tous les enroulements inducteurs du survolteur compound commandés par la batterie ne peuvent aboutir qu'à faire pivoter autour de son origine C′ (*fig.* 7) la caractéristique résultante de l'ensemble (B-S). Un tel survolteur ne peut donc remplir d'autre fonction que d'annuler $\tan\alpha'$. Il en résulte qu'il devient tout à fait inefficace dans les deux cas suivants :

1° Quand $\tan\alpha = 0$ (cas de la dynamo compound); la valeur de $\tan\alpha$ provoque alors l'indétermination du régime puisque l'on a $\frac{1}{r} = \frac{0}{0}$;

2° Quand $\tan\alpha$, sans être nul, est très petit, et que la caractéristique de la machine est sus-

(¹) M. Pagliano a publié dernièrement dans *L'Éclairage électrique* (t. XXXVI, p. 321, 29 août 1903) une intéressante Note relative aux conditions de marche d'une batterie-tampon fonctionnant en parallèle avec des commutatrices.

En signalant dans cet article les excellents résultats obtenus par l'emploi de survolteurs différentiels à trois enroulements dans les sous-stations des *Tramways électriques de Marseille,* l'auteur tire, des essais accomplis dans cette installation, cette conclusion que le problème de l'utilisation des batteries-tampons aux bornes des commutatrices est actuellement résolu.

S'il faut entendre par là que le survolteur précité ait reçu sa première sanction, au point de vue de l'application spéciale qui est envisagée, de l'expérience qui vient d'en être faite aux *Tramways de Marseille,* une observation sur ce point doit nous être permise.

Nous avons rencontré déjà, il y a près de trois ans, les mêmes difficultés signalées par M. Pagliano, lorsqu'il s'est agi de faire fonctionner, à la sous-station des *Tramways Nord Parisiens,* à Saint-Ouen, une batterie-tampon du type Tudor de 600 ampères-heure avec des commutatrices de 400 kilowatts alimentées par l'usine du *Triphasé* d'Asnières.

Nous avons résolu le problème, en cette circonstance, tout à fait indépendamment du brevet américain *Entz,* dont nous ignorions à ce moment l'existence, par l'adjonction d'un enroulement supplémentaire, *série-commutatrice,* aux deux enroulements inducteurs que comportait déjà le survolteur existant.

Ce fut la *Société Alsacienne* (laquelle a depuis installé les survolteurs de Marseille) qui fut alors chargée par nos soins de faire subir à cette dernière machine la transformation susindiquée.

La Note de M. Pagliano nous a donc appris qu'une seconde application vient d'être faite avec succès, à un réseau de traction important, d'un dispositif que nous avons imaginé il y a environ trois ans, et que nous avons été, nous le pensons du moins, à cette époque le premier à utiliser dans une sous-station de commutatrices.

ceptible de déplacements dus à des variations arbitraires (c'est-à-dire indépendantes du courant débité) du voltage E_0. C'est le cas général des commutatrices alimentées par des alternateurs desservant à la fois plusieurs sous-stations.

Le régime des commutatrices est alors déterminé, mais la moindre variation de E_0 suffit pour rompre l'équilibre établi vu la trop faible valeur de

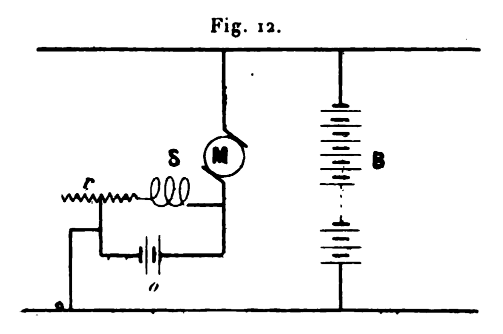
$$s'' = \frac{\tan\alpha}{1-n} = R.$$

Il suffit, évidemment, pour résoudre ces deux cas, de trouver, par un artifice quelconque, le moyen de disposer de $\tan\alpha$ de manière à pouvoir en augmenter la valeur

On y parvient directement :

1° *Pour la dynamo compound,* en alimentant ses électros-série par une source indépendante. On emploie généralement, à cet effet, un ou deux éléments d'accumulateurs montés suivant le schéma de la figure 12, le rôle de ces élé-

Fig. 12.



ments d'opposition vis-à-vis de l'enroulement-série étant exactement le même que celui de la batterie par rapport à la dynamo.

2° *Pour la commutatrice,* en intercalant des bobines de self-induction spéciales dans les circuits de ses transformateurs.

Mais il est encore possible d'arriver exactement au même résultat dans les deux cas, sans rien modifier à la machine ni aux transformateurs, par un dispositif dont l'effet est de substituer à la véritable caractéristique de cette machine (au seul point de vue de la régulation définie par les éléments $\frac{1}{r}$ et $\frac{1}{s}$) une *caractéristique fictive* plus inclinée.

En ce qui concerne particulièrement le cas de la commutatrice, il ressort visiblement du diagramme (*fig.* 1) que le seul moyen de limiter *par le survolteur* les déréglages provenant de l'instabilité du régime, est de permettre à la caractéristique du groupe (B-S) de suivre d'aussi près que possible les déplacements arbitraires de la caractéristique AB.

Or, ce résultat ne peut être évidemment atteint qu'en soumettant les électros du survolteur à l'action magnétisante du courant de déréglage éventuel de la commutatrice convenablement orienté.

D'où l'idée, naturellement indiquée, de pourvoir le survolteur compound d'un enroulement supplémentaire série-machine tendant à la décharge, et d'équilibrer par l'excitation shunt l'action inductrice produite par ce nouvel enroulement pour le courant normal.

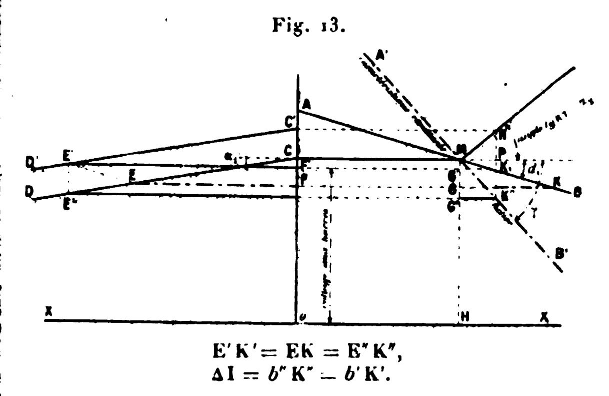
On se rend compte *a priori* que ce dispositif est aussi capable de lever l'indétermination propre à la dynamo compound que de supprimer l'instabilité particulière à la commutatrice.

Un diagramme semblable à ceux que nous avons déjà utilisés va nous permettre d'ailleurs d'interpréter très simplement le rôle exact joué par cette excitation différentielle.

Nous nous placerons, par exemple, pour fixer les idées, dans le cas où l'excitation shunt se trouve branchée aux bornes de la batterie.

Admettant, pour ne faire aucune hypothèse

Fig. 13.



$E'K' = EK = E''K''$,
$\Delta I = b''K'' - b'K'$.

particulière, que α_1 et α'_1 sont $\neq 0$, nous poserons (*fig.* 13)

$$\tan\alpha_1 = R,$$
$$\tan\alpha'_1 = R'\left(1 + \frac{V_0}{E'_1}\right) - K'T',$$

CM représentant le courant moyen de la machine, I_m dont l'effet magnétisant se trouve équilibré par l'excitation shunt, nous porterons en MN, à

partir du point M, pris comme origine, les valeurs du voltage $KT\Delta I$ dû à l'action différentielle de l'enroulement série-machine et de l'enroulement à fil fin.

Pour un à-coup représenté par

$$\Delta I_0 = EF + GK,$$

nous avons vu que le courant de la machine se déréglerait de

$$\Delta I = GK = \Delta I_0 \frac{\tang \alpha'_1}{\tang \alpha_1 + \tang \alpha'_1}$$

s'il n'y avait pas d'excitation différentielle en jeu. Mais, grâce à celle-ci, le régime de la machine variera seulement d'une quantité $G'K'$ telle que l'on ait

$$E'K' = EK \quad \text{et} \quad CC' = NP$$

($C'D'$ figurant la nouvelle position de la caractéristique batterie-survolteur), c'est-à-dire que le nouvel état d'équilibre sera caractérisé par la relation

$$C'F' = NP + PK'$$

ou bien

$$E'F' \tang \alpha_1 = MP(\tang \alpha_1 + \tang \alpha_2),$$

d'où

$$(14) \qquad \frac{\Delta I}{\Delta I_0} = \frac{\tang \alpha'_1}{\tang \alpha'_1 + \tang \alpha_1 + \tang \alpha_2}.$$

Cette expression, rapprochée de la relation (1), *établit que tout se passe, au point de vue de la régularité du régime de la dynamo, comme si la caractéristique de cette machine se trouvait abaissée en A'B' de telle sorte que l'on ait*

$$(15) \qquad \tang \gamma = \tang \alpha_1 + \tang \alpha_2 = R + KT.$$

Nous reconnaîtrions de même, en examinant le cas où l'excitation shunt se trouve prise aux barres du tableau, que l'inclinaison résultante de la caractéristique fictive de la machine devient alors

$$(16) \qquad \tang \gamma = R\left(1 - \frac{V_0}{E'_1}\right) + KT.$$

Il suffit donc d'ajouter à l'expression de $\tang \alpha$ précédemment indiquée (8) le terme complémentaire KT, pour obtenir les valeurs des deux coefficients angulaires

$$(17) \qquad \begin{cases} \tang \alpha = R(1-n) + KT, \\ \tang \alpha' = R'(1+n) - K'T' \end{cases}$$

qui permettent d'étendre au cas du survolteur différentiel l'application de l'expression

$$(1) \qquad \frac{1}{r} = \frac{\tang \alpha'}{\tang \alpha + \tang \alpha'}$$

du coefficient d'irrégularité.

Nous allons pouvoir établir aisément par ce qui suit que ces mêmes valeurs (17) se prêtent également à la généralisation de l'expression

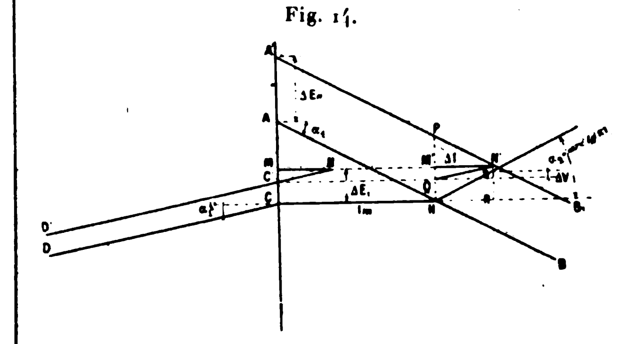
$$(2') \qquad \frac{1}{s} = \pm \frac{1 \pm n}{\tang \alpha + \tang \alpha'}$$

du coefficient d'instabilité.

I. STABILITÉ RELATIVE A LA FORCE ÉLECTROMOTRICE DE LA MACHINE. — b. *L'excitation shunt est branchée aux barres du tableau.*

Pour une variation ΔE_0 du voltage E_0, les caractéristiques CD et AB (*fig.* 14) [1], telles que

Fig. 14.



$$\tang \alpha_1 = R,$$
$$\tang \alpha'_1 = R' - K'T',$$

viendront respectivement en $C'D'$ et $A'B'$, de telle sorte que l'on ait

$$MN = M'N' \quad \text{et} \quad CC' = KT\Delta I + \Delta V.$$

Le triangle PQN' donne ainsi

$$(18) \qquad \begin{cases} \Delta I = \dfrac{PQ}{\tang \alpha_1 + \tang \alpha'_1} \\ \text{où} \\ PQ = \Delta E_0 - KT\Delta I - \Delta V, \end{cases}$$

[1] La construction graphique de M. le professeur Fabry, indiquée par M. Pagliano dans sa récente Communication, est un cas particulier de celle que nous employons ici. Cette représentation a l'avantage de figurer très simplement la manière dont s'effectuent les échanges de courant entre la commutatrice et la batterie.

Il convient d'observer toutefois qu'elle n'est pas absolument rigoureuse, attendu qu'elle ne tient pas compte des variations de l'excitation à fil fin.



et comme

$$\Delta V = \frac{V_0}{E'_1}\Delta E_1 = \frac{V_0}{E'_1}(\Delta E_0 - \Delta I.\tang\alpha_1),$$

il vient finalement

$$(19)\quad \frac{1}{s''_b} = \frac{\Delta I}{\Delta E_0} = \frac{1-\frac{V_0}{E'_1}}{R'-K'T'+R\left(1-\frac{V_0}{E'_1}\right)+KT},$$

c'est-à-dire, d'après (17),

$$(19')\quad \frac{1}{s''_b} = (1-n)\frac{1}{\tang\alpha+\tang\alpha'}.$$

a. *L'excitation shunt est branchée aux bornes de la batterie* [1].

La même figure montre qu'il suffit de porter dans (18) la valeur

$$\Delta V = \frac{V_0}{E'_a}\cdot R'\Delta I$$

pour obtenir

$$(20)\quad \frac{1}{s''_a} = \frac{\Delta I}{\Delta E_0} = \frac{1}{R'\left(1+\frac{V_0}{E'_a}\right)-K'T'+R+KT},$$

soit, en utilisant les relations (17),

$$(20')\quad \frac{1}{s''_a} = \frac{1}{\tang\alpha+\tang\alpha'}.$$

II. STABILITÉ RAPPORTÉE AU VOLTAGE D'ÉQUILIBRE DE LA BATTERIE. — a. *L'excitation shunt provient des bornes de la batterie.*

On voit, par le diagramme (*fig.* 15), que l'on aura dans ce cas

$$(21)\quad \Delta I = \frac{-CC'}{\tang\alpha_1+\tang\alpha'_1},$$

et comme

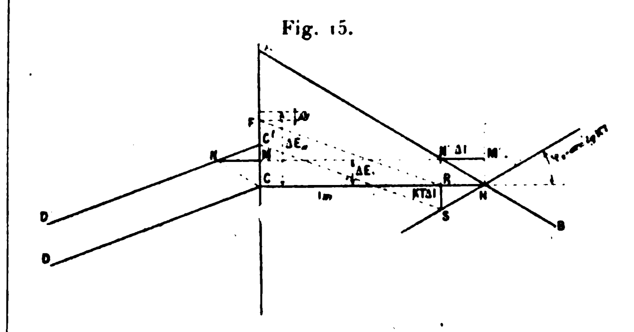
$$CC' = \Delta E_a + \frac{V_0}{E'_a}(\Delta E_a + R'\Delta I) + KT\Delta I,$$

$$(22)\quad \frac{1}{s'_a} = \frac{\Delta I}{\Delta E_a} = \frac{-\left(1+\frac{V_0}{E'_a}\right)}{R'\left(1+\frac{V_0}{E'_a}\right)-K'T'+R+KT},$$

soit, d'après (17),

$$(22')\quad \frac{1}{s'_a} = -(1+n)\frac{1}{\tang\alpha+\tang\alpha'}.$$

Fig. 15.



b. *L'excitation shunt provient des barres du tableau.*

Portant dans (21) la valeur

$$CC' = \Delta E_a + \frac{V_0}{E'_1}\Delta E_1 + KT\Delta I,$$

où

$$\Delta E_1 = -\Delta I \tang\alpha_1,$$

on obtient

$$(23)\quad \frac{1}{s'_b} = \frac{\Delta I}{\Delta E_a} = \frac{-1}{R'-K'T'+R\left(1-\frac{V_0}{E'_1}\right)+KT},$$

c'est-à-dire

$$(23')\quad \frac{1}{s'_b} = \frac{-1}{\tang\alpha+\tang\alpha'}.$$

CONCLUSIONS. — Nous pouvons donc dire, sous forme de conclusion, pour résumer ce qui précède, que les expressions suivantes de l'irrégularité et de l'instabilité

$$(A)\quad \begin{cases} \frac{1}{r} = \frac{\tang\alpha'}{\tang\alpha+\tang\alpha'}, \\ \frac{1}{s} = \pm\frac{1\pm n}{\tang\alpha+\tang\alpha'} \end{cases}$$

sont d'une application tout à fait générale en ce qui concerne les différents survolteurs que nous venons d'examiner, à condition d'affecter à $\tang\alpha$ et $\tang\alpha'$ les valeurs exprimées ci-dessous

$$(B)\quad \begin{cases} \tang\alpha = R(1-n)+KT, \\ \tang\alpha' = R'(1+n)-K'T'. \end{cases}$$

[1] M. Pagliano a émis l'avis qu'il serait possible, si ce n'était le mauvais rendement qu'entraînerait une telle disposition, de donner de la stabilité au régime de la commutatrice en intercalant une résistance dans le circuit de la batterie.

Or les expressions (12') et (13') précédemment obtenues montrent bien que la résistance de la batterie n'intervient en aucune façon sur la valeur du coefficient de stabilité s'', si l'on s'est placé dans les conditions rationnelles du réglage

$$\tang\alpha' = R'(1+n) - K'T' = 0.$$

La stabilité ne saurait donc être améliorée par le moyen ci-dessus indiqué qu'au préjudice de la régularité; ce qui ne constituerait pas évidemment une solution bien recommandable.

Dans ces deux groupes de relations, n représente un paramètre symbolique qu'il faut interpréter de la façon suivante :

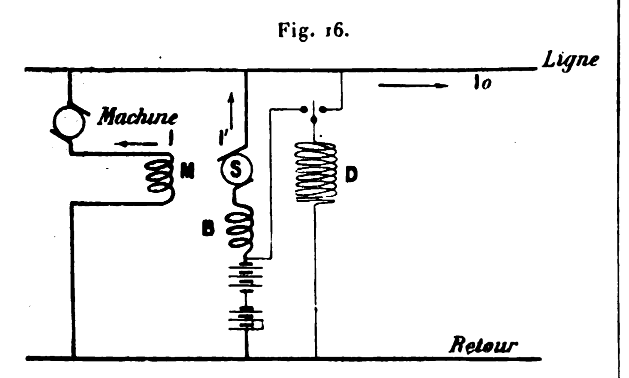
(B). Dans les expressions de $\tang\alpha$ et de $\tang\alpha'$, n ne doit être maintenu que pour le terme correspondant à la source qui alimente directement le fil fin.

(A). De même pour le facteur $(1 \pm n)$ intervenant dans l'expression du coefficient d'instabilité, le terme en n (pris avec le signe + s'il s'agit de la batterie, et avec le signe — s'il s'agit de la génératrice) ne doit être conservé que pour le coefficient $\frac{1}{s}$ rapporté à la force électromotrice dont la variation se répercute directement sur l'excitation à fil fin.

$\tang\alpha'$ exprime dans tous les cas l'inclinaison d'une caractéristique réelle, celle qui se réfère à l'ensemble de la batterie et du survolteur, tandis que $\tang\alpha$ ne représente seulement, en général, que l'inclinaison d'une caractéristique fictive telle que nous l'avons précédemment définie; aux termes $-R'n$ et RT correspondent, dans le circuit de la batterie, des forces électromotrices indépendantes du courant de ce circuit et dont l'effet doit se traduire, en conséquence, par des déplacements de la caractéristique B-S n'affectant pas son inclinaison, c'est-à-dire par de simples variations de l'ordonnée à l'origine de cette caractéristique.

Comparaison de quelques survolteurs différentiels. — On peut réaliser, par la combinaison des trois excitations (shunt, série-machine, série-batterie) dont nous venons d'examiner les fonctions respectives, les trois systèmes de survolteurs

Fig. 16.



différentiels représentés schématiquement par les figures 16, 17 et 18.

Pour toutes ces machines, la condition première, $\frac{1}{r} = 0$, est assurée par l'enroulement série-batterie réglé de telle sorte que l'on ait :

$$\tang\alpha' = 0,$$

soit

$$K'T' = R'(1 + n). \tag{4'}$$

Cette dernière condition étant supposée remplie, nous allons comparer l'efficacité de ces différents survolteurs au point de vue de la stabilité du régime qu'ils assurent par rapport aux variations ΔE_0.

Nous pouvons écrire en général

$$\frac{1}{s'} = \frac{1 - n}{R(1 - n) + KT}.$$

En particulier, si nous nous plaçons dans l'hypothèse de l'alimentation du fil fin par la batterie, nous aurons :

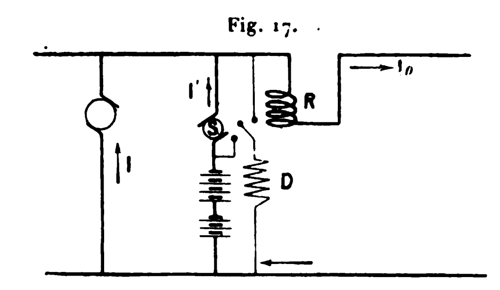
$$\frac{1}{s''_a} = \frac{1}{R + KT}, \tag{24}$$

et en admettant, comme c'est sensiblement le cas pour la machine compound et la commutatrice, que $R = 0$,

$$\frac{1}{s''_a} = \frac{1}{KT}. \tag{25}$$

1° *Survolteur Pirani.* — Ce survolteur (*fig.* 17)

Fig. 17.



comporte un enroulement shunt antagoniste et un enroulement série parcouru par le courant du réseau I_0, c'est-à-dire à la fois par le courant de la batterie et par celui de la machine.

Il est donc essentiellement caractérisé par l'égalité :

$$T = T'. \tag{26}$$

Et l'on voit ainsi par les relations (4'), (25) et (26) que la stabilité ne saurait être améliorée

4.



dans ce système au-dessus de la limite

$$(27) \qquad s = \frac{K}{K'} R'(1+n)$$

(ou grossièrement au-dessus de la valeur R'), qu'au propre détriment de la régularité.

C'est la raison pour laquelle le survolteur Pirani ne convient pas pour l'application au cas particulier des commutatrices, où une valeur élevée du coefficient de stabilité est une condition indispensable de bon fonctionnement; tandis qu'il peut donner quelquefois satisfaction, employé avec des machines compound, les variations arbitraires de la force électromotrice E_0 n'étant plus particulièrement à craindre dans ce cas.

2° *Survolteur différentiel* (*fig.* 18) comprenant :

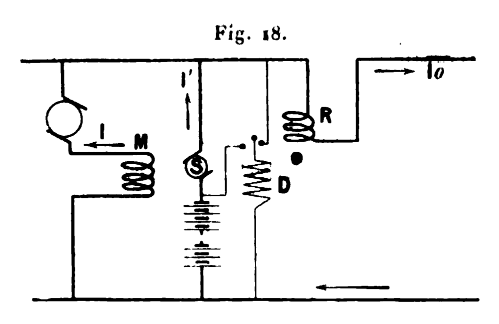
1° Une excitation à fil fin;

2° Un enroulement inducteur série-réseau fait de t_1 spires;

3° Un enroulement inducteur série-machine fait de t_2 spires.

Dans un tel survolteur, le courant de la dynamo parcourt à la fois les deux enroulements série.

Fig. 18.



On aura donc, si l'on désigne par $\frac{1}{m}$ le rapport dans lequel les électros série-réseau auront dû être shuntés pour satisfaire à la relation (4'),

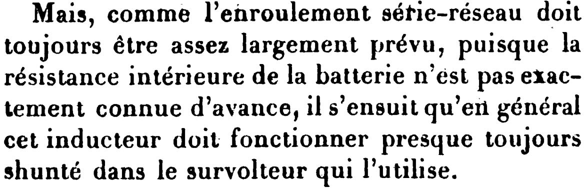
$$T = \frac{t_1}{m} + t_2,$$

$$T' = \frac{t_1}{m},$$

et par suite

$$(28) \qquad s = K\left(\frac{t_1}{m} + t_2\right).$$

C'est-à-dire que le survolteur considéré sera tout à fait équivalent à un survolteur différentiel du premier type (*fig.* 16) dans lequel l'enroulement série-machine comporterait $\left(\frac{t_1}{m} + t_2\right)$ spires.



Mais, comme l'enroulement série-réseau doit toujours être assez largement prévu, puisque la résistance intérieure de la batterie n'est pas exactement connue d'avance, il s'ensuit qu'en général cet inducteur doit fonctionner presque toujours shunté dans le survolteur qui l'utilise.

On conçoit pour cette raison que le survolteur (*fig.* 16), dans lequel les enroulements série-machine et série-batterie sont entièrement indépendants, offre sur le précédent l'avantage d'une utilisation plus complète du cuivre employé dans la construction de ses électros-série.

Cette remarque a surtout son importance quand il s'agit de la transformation d'un survolteur existant parce qu'on se trouve très souvent limité dans ce cas par l'espace qui reste disponible pour le placement des bobines à gros fil.

Il est évident d'autre part que si on laisse subsister sans changement l'enroulement série-batterie, il y aura nettement avantage à utiliser ce dernier comme inducteur série-réseau, à condition, bien entendu, que la section du conducteur soit jugée suffisante.

Dans l'expression (28) ci-dessus, $\frac{t_1}{m}$ est fixé par la condition (4'). Quant à t_2, la plus grande valeur qui puisse lui être assignée résulte évidemment de l'égalité

$$(29) \qquad V_m = K\left(\frac{t_1}{m} + t_2\right),$$

soit

$$(29') \qquad t_2 = \frac{V_m}{K} - \frac{R'}{K'}(1+n),$$

où V_m représente le survoltage maximum que l'excitation shunt est capable de produire d'une façon continue.

Pour les batteries à 550 volts qui nécessitent, entre leurs bornes extrêmes, à la fin de la période de surcharge, une différence de potentiel d'environ 700 volts $\left(\frac{550}{2,06} \times 2,6 \text{ volts} = 695 \text{ volts}\right)$, les électros à fil fin sont d'ordinaire prévus de telle sorte qu'ils puissent fournir, alimentés sous la tension ci-dessus, un survoltage voisin de 150 volts, et ce pendant la durée limitée de la surcharge.

Dans le service en tampon de la batterie, l'inducteur précité se trouvant alimenté sous 550 volts pourrait donc produire, tout au plus, une force électromotrice variable, suivant le degré de saturation des électros, entre les limites 120 et 150 volts.

En général cependant cette dernière force électromotrice ne pourrait pas être assurée d'une façon *permanente,* en raison de l'échauffement qui serait à craindre, avec des survolteurs qui n'auraient pas été spécialement prévus à cet effet.

Mais il convient d'observer qu'il suffit amplement, dans la plupart des cas, pour les besoins de la régulation requise, d'utiliser seulement environ la moitié de la valeur ci-dessus, soit 60 à 75 volts, pour l'effet antagoniste de l'excitation à fil fin.

INFLUENCE DU MODE D'ALIMENTATION DU FIL FIN SUR LA STABILITÉ DU RÉGIME. — 1° *Survolteur compound.* — Des expressions générales précédemment établies, il résulte (1) que l'on aura, pour $\frac{1}{r} = 0$,

$$(30)\quad \begin{cases} \dfrac{1}{s'_a} = \dfrac{1+n}{R}; & \dfrac{1}{s'_b} = \dfrac{1}{R(1-n)}, \\ \dfrac{1}{s''_a} = \dfrac{1}{R}; & \dfrac{1}{s''_b} = \dfrac{1}{R}, \end{cases}$$

c'est-à-dire

$$(31)\quad \frac{s'_a}{s'_b} = \frac{1}{1-n^2},$$

et

$$(32)\quad s''_a = s''_b.$$

La valeur du coefficient de stabilité (s'') est donc tout à fait indépendante du mode de branchement de l'excitation shunt du survolteur; il en est sensiblement de même pratiquement du coefficient (s'), le terme n^2 étant extrêmement petit vis-à-vis de l'unité.

2° *Survolteur différentiel.* — On aura dans ce cas, pour $\frac{1}{s'_a}$ et $\frac{1}{s'_b}$,

$$(33)\quad \frac{1}{s'_a} = \frac{1+n}{R+KT}; \qquad \frac{1}{s'_b} = \frac{1}{R(1-n)+KT},$$

et par suite $\frac{1}{s'_a} < \frac{1}{s'_b}$, cette inégalité se ramenant à la suivante, $n(KT - Rn) < 0$, qui est toujours réalisée puisque $n < 0$.

(1) Les coefficients $\frac{1}{s'_a}$ et $\frac{1}{s'_b}$ sont toujours négatifs. Pour éviter toute confusion dans l'interprétation des inégalités de ce paragraphe, nous avons considéré, au lieu de la valeur algébrique de ces rapports, leur valeur absolue.

D'autre part, nous pourrons écrire de même

$$(34)\quad \frac{1}{s''_a} = \frac{1}{R+KT}; \qquad \frac{1}{s''_b} = \frac{1}{R + \dfrac{KT}{1-n}},$$

d'où

$$s''_a > s''_b.$$

En supposant, comme c'est le cas pour la dynamo compound et la commutatrice, que R est négligeable vis-à-vis de KT, il vient finalement

$$(35)\quad \left(\frac{s'_a}{s'_b} = \frac{1}{1+n}\right) > 1$$

et

$$(36)\quad \left(\frac{s''_a}{s''_b} = 1-n\right) > 1.$$

Comme n a généralement une valeur voisine de $-0,10$, on voit que la différence entre les deux dispositifs envisagés (alimentation du fil fin par la batterie ou par les barres du tableau) se traduira d'ordinaire, à l'actif du premier, par une augmentation d'environ 10 pour 100 de la valeur des deux coefficients de stabilité s' et s''; tout comme si l'on avait accru dans le même rapport le nombre de spires T de l'enroulement série-machine.

Mais il convient d'observer que, s'il est désirable de réaliser pour s'' une valeur élevée, eu égard aux causes de perturbation du régime pouvant provenir de la génératrice ou des machines dont elle dépend, il y a d'autre part intérêt, au point de vue de la sécurité de la batterie, à ne pas trop réduire sans nécessité la valeur du rapport $\frac{1}{s'}$; car nous savons que c'est précisément en raison de la valeur du coefficient de stabilité s' qu'il y a opposition à la recharge des éléments quand le voltage d'équilibre de ces derniers vient à baisser éventuellement d'une manière excessive, par suite d'un réglage mal approprié du régime moyen de la machine.

Pour cette dernière raison il nous paraît préférable de brancher l'excitation shunt aux barres du Tableau, toutes les fois que les variations arbitraires du voltage E_0 ne sont pas trop considérables vis-à-vis du coefficient de stabilité

$$\frac{1}{s''} = \frac{\Delta I}{\Delta E_0} = \frac{1-n}{\tang \alpha},$$

dont le survolteur permet de disposer.

Expression du courant débité par la machine. — Nous devons remarquer que les valeurs de $\frac{1}{r}$, $\frac{1}{s'}$ et $\frac{1}{s''}$ (A) et (B) sont tout à fait indépendantes des variables I_0, E_a et E_0 tant que les électros du survolteur ne sont pas saturés; le coefficient n reste en effet constant, dans ces conditions, pour toute position donnée de la manette du rhéostat de l'excitation à fil fin; en sorte que l'on a

$$\frac{1}{r} = \frac{\partial I}{\partial I_0}; \qquad \frac{1}{s'} = \frac{\partial I}{\partial E_a}; \qquad \frac{1}{s''} = \frac{\partial I}{\partial E_0},$$

d'où

$$dI = \frac{1}{r}\,dI_0 + \frac{1}{s'}\,dE_a + \frac{1}{s''}\,dE_0,$$

et, par suite, dans les limites où les caractéristiques des deux sources génératrices peuvent être considérées comme rectilignes à partir de l'origine,

$$(37) \qquad I = \frac{I_0}{r} + \frac{E_a}{s'} + \frac{E_0}{s''}.$$

Faisons, à titre d'exemple, l'application de cette expression au cas d'un survolteur différentiel dans lequel l'enroulement shunt serait connecté aux bornes de la batterie.

D'après les relations (A) et (B), nous aurons directement

$$\operatorname{tang}\alpha' = R'(1+n) - K'T',$$
$$\operatorname{tang}\alpha = R + KT,$$
$$\frac{1}{r} = \frac{\operatorname{tang}\alpha'}{\Sigma \operatorname{tang}}; \qquad \frac{1}{s'_a} = -\frac{1+n}{\Sigma \operatorname{tang}}; \qquad \frac{1}{s''_a} = \frac{1}{\Sigma \operatorname{tang}}.$$

D'où

$$I = \frac{I_0 \operatorname{tang}\alpha' - (1+n)E_a + E_0}{\Sigma \operatorname{tang}},$$

ou bien

$$I = \frac{I_0[R'(1+n) - K'T'] - E_a(1+n) + E_0}{\Sigma \operatorname{tang}}$$

ou en remplaçant n par sa valeur $n = \frac{-v'_0}{E'_a}$ (v'_0 désignant la valeur absolue de V_0)

$$(38) \quad I = \frac{I_0\left[R'\left(1 - \frac{v'_0}{E'_a}\right) - K'T'\right] + E_0 + \frac{v'_0}{E'_a}E_a - E_a}{R'\left(1 - \frac{v'_0}{E'_a}\right) - K'T' + R + KT},$$

expression qui devient dans les conditions du réglage $\operatorname{tang}\alpha' = 0$

$$I = \frac{E_0 + \frac{v'_0}{E'_a}E_a - E_a}{R + KT},$$

soit pour $E_a = E'_a$; $E_0 = E'_0$:

$$(39) \qquad I = I_m = \frac{E'_0 + v'_0 - E'_a}{R + KT}.$$

Or, tant qu'il n'y a pas de voltage de compensation en jeu, le diagramme (14) indique que l'on a

$$(40) \qquad I_m = \frac{E'_0 - E'_a}{R};$$

on retrouve donc ainsi, *comme vérification*, en retranchant terme à terme (40) de (39), la relation connue

$$KTI_m = v'_0.$$

Observation. — La plupart des auteurs se contentent d'écrire en général, de la façon suivante, que la tension aux bornes du groupe (B-S) est égale à la tension aux bornes de la génératrice :

$$E_0 - RI = E_a - (R' - KT')I' + KTI + V.$$

Ils tirent de là, comme

$$I_0 = I + I',$$
$$I = \frac{I_0(R' - KT') + E_0 + V - E_a}{R' - KT' + R + KT}.$$

Ces expressions ont le défaut de n'être pas entièrement explicites, puisque V est une quantité variable; de plus, comme elles supposent $K' = K$, elles négligent l'influence de la réaction d'induit du survolteur.

C'est pour ces deux raisons qu'elles conduisent, pour la réalisation de la condition $\frac{\Delta I}{\Delta I_0} = 0$, à la relation

$$R' = KT',$$

qui, d'après ce que nous avons vu, est inexacte.

Pour retrouver l'expression (38) en partant de la relation (41) il suffit évidemment de substituer dans celle-ci K' à K comme facteur de T' et d'y remplacer V par sa valeur, qui est

$$V = v_0 - \frac{v_0}{E'_a} I'R'.$$

Sarrat,

Ingénieur à la Compagnie russe-française de Chemins de fer et Tramways, Bruxelles.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

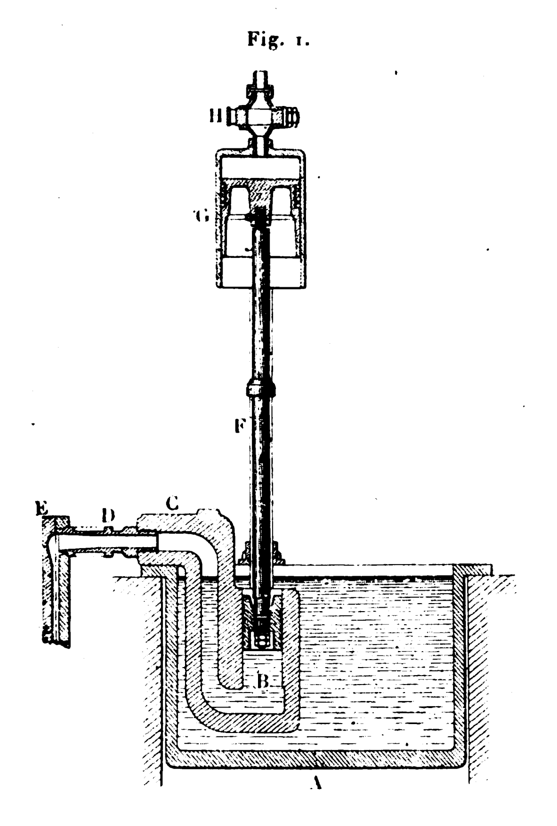
GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Perfectionnements dans la fabrication des plaques de plomb pour éléments secondaires, C. VELLINO. — Brevet anglais 15963 du 17 juillet 1902. (*Centralblatt für Accumulatoren-Elementen- und Accumobilenkunde*, t. IV, p. 204.)

Dans le but d'obtenir un plomb homogène et exempt de soufflures dues au retrait, on coule ici les plaques sous pression élevée, ce qui permet d'abaisser la température du plomb fondu.

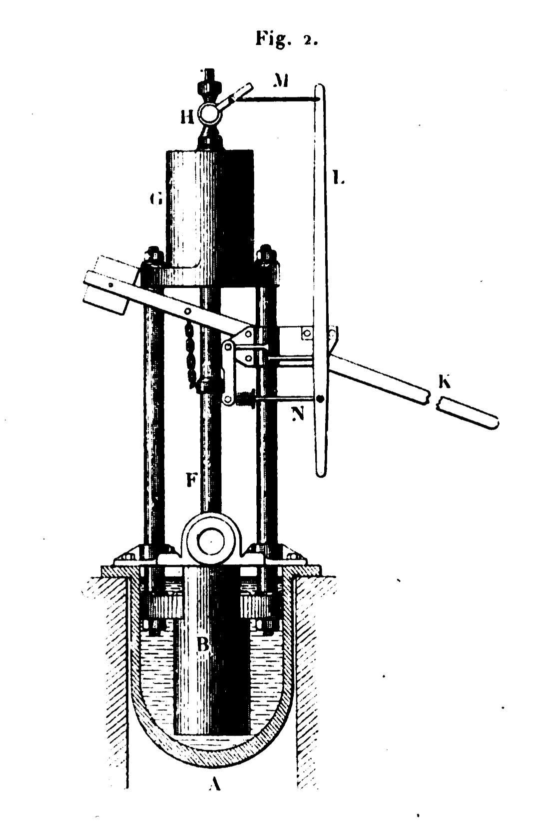
Les figures 1 et 2 montrent deux vues en élévation de l'appareil, à angle droit, avec parties en coupe.

Fig. 1.



La marmite A renferme le plomb. Le corps de pompe B est relié en bas au tube C, sur lequel est vissée horizontalement, à la partie supérieure, la buse D. Celle-ci va s'élargissant en forme conique et se termine à l'entrée du moule E. Le piston 9 est accouplé par la tige F au piston du cylindre de compression G ouvert en bas pendant que sa partie supérieure peut être en communication, à l'aide d'un robinet à trois voies H, soit avec un récipient d'air comprimé, soit avec un générateur de vapeur, soit avec l'atmosphère. L'extrémité inférieure amincie

Fig. 2.



de la tige F pénètre dans le piston du corps de pompe B par une ouverture en forme d'entonnoir en haut, cylindrique au milieu, et élargie à nouveau en bas. La partie moyenne et la partie inférieure possèdent des rainures parallèles à l'axe du cylindre.

Lorsque la tige F est soulevée, les orifices des rainures dont il vient d'être question se trouvent dégagées et le plomb pénètre dans le cylindre B; puis l'épaulement inférieur de la tige vient en prise avec la partie inférieure du piston, et celui-ci est

(¹) L'office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXᵉ), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

entraîné. En abaissant la tige F, l'épaulement de celle-ci situé au-dessus des rainures vient fermer les orifices supérieurs de ces rainures, puis fait descendre le piston du corps de pompe B. Le mouvement ascensionnel peut être obtenu à la main à l'aide du levier à contrepoids K, relié à la tige F par une chaîne. La tige est maintenue automatiquement dans sa position la plus élevée au moyen d'un anneau fixé à cette tige et qui se trouve retenu par le crochet d'un levier vertical, visible sur la figure 2, que presse un ressort. Pour que le mouvement de la tige F et l'introduction de l'agent de compression dans le cylindre G résultent d'une seule manipulation, le robinet à trois voies H est relié par une tige M au levier L, qui peut osciller autour du pivot du levier K. Le crochet à encoche est accouplé au levier L par une tige N de telle sorte que, lorsque le levier oscille, la tige du piston est d'abord rendue libre, puis le robinet H est ouvert.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant : Si l'on suppose les deux pistons dans leur position inférieure, le levier K est abaissé, la tige F et les pistons s'élèvent alors, et le crochet de retenue, d'abord comprimé par l'anneau, revient dans sa position sous celui-ci. Pendant ce mouvement ascensionnel, le cylindre B se remplit de plomb. Quand ce mouvement est terminé, le levier K est laissé libre, le moule E est mis en place et le levier L est tiré sur la droite; le crochet suit ce mouvement et le robinet à trois voies s'ouvre. La tige F descend, elle appuie sur son siège de sorte que le piston comprime le plomb dans le cylindre B et le moule E. Lorsque la coulée est terminée, le levier L est incliné sur la gauche; le robinet à trois voies est alors mis dans la position d'échappement et le crochet revient se placer sur le chemin de l'anneau. Les pistons se relevant, le plomb liquide resté dans le tube C et la buse D retombe dans le corps de pompe. On remplace le moule par un autre vide et l'on recommence l'opération. L. J.

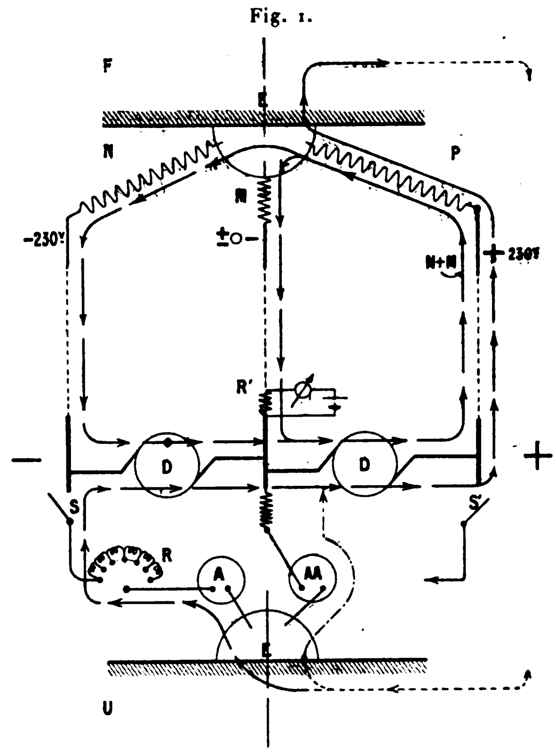
TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Essais d'isolement des réseaux, par A.-M. TAYLOR. — Communication faite à la section de Birmingham de l'Institution of Electrical Engineers. (*Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXII, p. 872-888.)

Le but de cette Communication est principalement de décrire une nouvelle méthode pour l'essai d'isolement en charge des réseaux dont le câble neutre est mis au sol de façon permanente.

Soient E la terre, P, M, N, les courants de perte à la terre des feeders positif, neutre et négatif (*fig.* 1). D, D sont les dynamos, AA est l'ampère-

Fig. 1.



E, terre; U, usine génératrice; F, extrémité des feeders; A, ampèremètre; AA, ampèremètre enregistreur du Board of Trade; R, rhéostat; S, interrupteur à fermer pour l'essai n° 2; S', interrupteur à fermer pour l'essai n° 3; R', résistance réglable; DD, dynamos.

Essai n° 1......... $AA_1 = P_1 - (N_1 + M_1)$
Essai n° 2......... $A_2 = P_2 - (N_2 + M_2)$

mètre enregistreur du « Board of Trade », dont l'échelle va de 0 à 100 ampères (¹). Le feeder neutre est mis au sol par l'intermédiaire de cet ampèremètre et d'une résistance de 2,3 ohms.

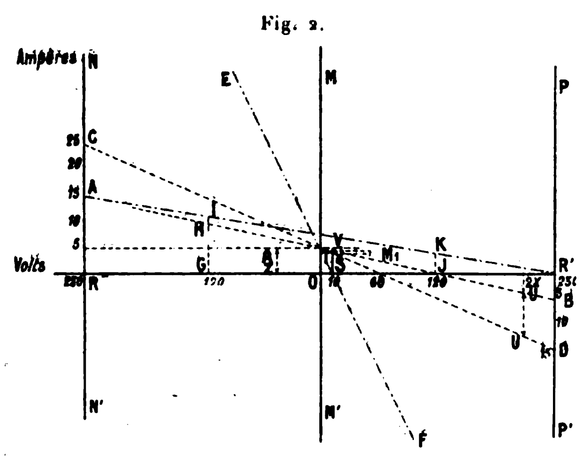
Ne considérons pour l'instant que les courants P, M, N et supposons que la résistance d'isolement que traverse P soit plus faible que celle que traverse N, de sorte que le potentiel de la terre tende vers celui du pôle +. Supposons aussi que la résistance de la terre est négligeable et, par suite,

(¹) Les règlements du Board of Trade exigent que l'intensité du courant de perte à la terre soit maintenue à une valeur inférieure à $\frac{1}{1000}$ du courant maximum distribué. On voit, d'ailleurs, que, dans un réseau à trois fils, les indications de l'ampèremètre enregistreur ne permettent pas de mesurer l'isolement du réseau, puisqu'elles ne dépendent que des différences d'isolement du feeder + et du feeder —. L'appareil renseigne toutefois sur les variations qui peuvent se produire dans l'isolement.

que le potentiel de la terre est le même à l'endroit du défaut et à l'usine.

La figure 2 représente à l'échelle les variations

Fig. 2.



NN', ligne du potentiel de la barre négative; MM', ligne du potentiel de la barre neutre; PP', ligne du potentiel de la barre positive; RA, GI, JK, courants de perte à la terre du conducteur positif, pour différentes valeurs du potentiel de la terre; HI, JK, courants de perte à la terre du conducteur négatif, pour les valeurs — 120 volts et + 120 volts du potentiel de la terre, par rapport à celui de la barre neutre; UU', courant de perte à la terre du conducteur neutre, pour une différence de potentiel de 200 volts entre la barre neutre et la terre; T, point d'intersection de l'ordonnée de S avec la ligne CD; V, point d'intersection de cette ordonnée avec la ligne AB; ST, intensité qu'indique l'ampèremètre du Board of Trade (AA); TV, courant de perte à la terre du conducteur neutre sous la tension de 10 volts (M_1).

P, M, N et AA quand on suppose que, par des moyens extérieurs quelconques, on déplace le potentiel de la terre depuis celui du feeder — jusqu'à celui du feeder +.

La valeur de la perte différentielle P — N est fournie par les ordonnées mesurées entre l'axe des abscisses et la ligne AB, que nous appellerons pour abréger la ligne P — N. Le point où cette ligne coupe l'horizontale donne le potentiel de la terre quand P = N, en supposant qu'il n'y a pas de fuite au conducteur neutre.

Provoquons maintenant, entre le neutre et la terre, une fuite mesurée par les ordonnées comprises entre AB et CD. Le potentiel de la terre se rapproche alors de celui de la barre neutre et le point de croisement de CD et de l'axe des volts est maintenant à 60 volts.

Menons une nouvelle ligne EF, telle que les ordonnées comprises entre elle et CD représentent l'intensité dans la connexion à la terre (par l'intermédiaire d'une résistance de 2,3 ohms) de l'ampèremètre du Board of Trade. Nous avons alors, au point où EF coupe l'axe des volts, le nouveau potentiel de la terre, soit 10 volts. L'intensité qu'indique ordinairement l'ampèremètre est représentée par l'ordonnée AA_1 correspondant à V_1 volts (le quotient de V_1 par AA_1 est égal à 2,3 ohms).

Il est évident qu'une infinité de systèmes de valeurs de P, M, N, donneront la même indication AA_1 à l'ampèremètre enregistreur. On voit aussi que, des lectures AA_1 et de la valeur de V_1 (ou de V_1 seulement), on pourrait, si l'on connaissait A_2, c'est-à-dire la fuite différentielle quand $V = 0$, déduire les coefficients angulaires des lignes EF et CD. Le coefficient angulaire de cette dernière donne la résistance d'isolement totale des trois feeders; c'est

$$F = \cot\alpha = \frac{V_1}{A_2 - \frac{V_1}{2,3}},$$

α étant l'angle de CD avec l'axe horizontal.

Pour trouver les valeurs *individuelles* des courants de fuite, il faut, d'une façon quelconque, séparer des autres les pertes du conducteur neutre. Si l'on pouvait faire passer ce courant de perte dans un ampèremètre et mesurer le petit segment d'ordonnée M_1 sous la tension V_1, on en déduirait le coefficient angulaire de la ligne P — N; mais c'est impraticable, et d'ailleurs la mesure ne serait qu'approximative, à cause de la petitesse de M_1. Mais, revenant à la figure 2, on voit qu'au moyen d'une perte artificielle établie à l'usine et affectant l'un des feeders extrêmes, on peut soumettre les fuites M du feeder neutre à la tension qu'on veut et mesurer l'accroissement ou la diminution du courant qui passe de l'usine à ce feeder à travers les défauts. Connaissant ce courant et la tension V_3 volts qui existe alors entre le neutre et la terre, il est suffisamment correct d'admettre qu'à la tension V_1 l'intensité de ce courant serait le quotient de V_1 par V_3.

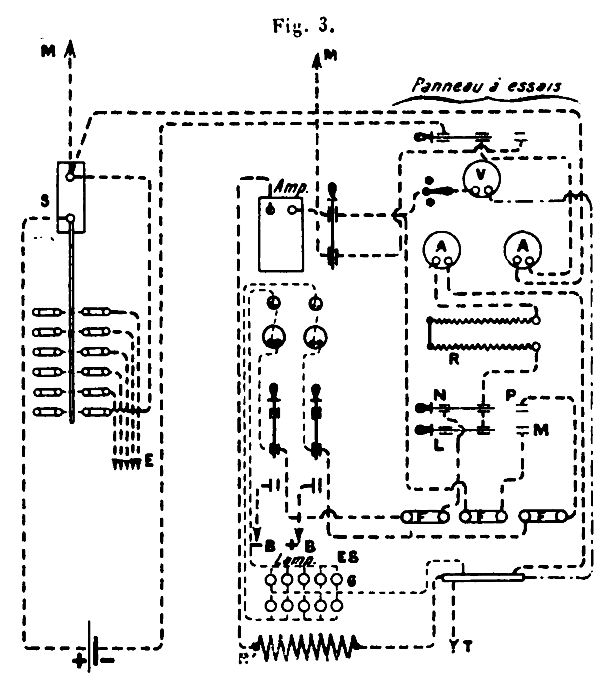
L'auteur mesure l'accroissement ou la diminution du courant dans les feeders neutres en intercalant, entre la barre omnibus neutre et les feeders qui s'en détachent, une résistance formée de plaques de fer boulonnées ensemble, absorbant environ 2 volts, et, en opposant à cette différence de potentiel celle d'un accumulateur dans le circuit duquel est placé un ampèremètre. On s'arrange pour que l'ampèremètre soit au zéro quand le courant de compensation normal de l'usine traverse la résistance.

La différence entre les indications de l'ampèremètre, quand le compensateur est à une tension nulle et quand il est à la tension de V_3 volts par rapport à la terre, permet de déterminer la valeur du courant de perte dû à ce conducteur sous la tension de V_3 volts, d'où l'on déduit la valeur de M_1. Il reste à déterminer A_2. La figure 2 montre com-

ment on mesure ce courant à l'usine au moyen de l'ampèremètre A et d'un rhéostat. Quand $V = o$, on a $M = o$ et $A_2 = P - N$.

La figure 3 représente le panneau à essais installé par l'auteur. Quand l'interrupteur, qu'on voit en haut de la figure, est fermé du côté droit, il introduit dans le circuit de la connexion à la terre du Board of Trade un ampèremètre AA à zéro central, qui donne l'indication AA_1 de l'ampèremètre du Board of Trade sous la tension V_1, mesurée par le voltmètre qu'on voit sur la figure. Cet ampèremètre n'est pas indispensable, puisqu'on peut calculer AA_1 d'après V_1, mais il abrège les opérations. Le second ampèremètre A_2 est commandé par les interrupteurs NP et LM; l'extrémité libre de son circuit peut être reliée par l'interrupteur NP (à travers un fusible) à l'une ou l'autre des barres omnibus extrêmes et, par l'interrupteur LM, à la barre neutre. Le circuit de l'ampèremètre contient une résistance réglable et son autre extrémité est mise en contact permanent avec la terre. Tous ces circuits sont munis de fusibles pour 100 ampères.

Fig. 3.



M, M, à la barre neutre; S, résistance réglable intercalée entre la barre neutre et les feeders neutres; E, départ des feeders neutres; Amp., ampèremètre du Board of Trade; R, rhéostat; F, F, F, fusibles; T, à la terre; R', résistance de 2,3 ohms; G, rhéostat de lampes; — B, à la barre négative; + B, à la barre positive.

Pour faire la lecture A_2, il n'y a qu'à fermer l'interrupteur NP sur la barre opposée à celle vers laquelle tend l'indication du voltmètre et à déplacer le contact glissant du rhéostat jusqu'à ce qu'on ait $V = o$ (V est la différence de potentiel entre la barre neutre et la terre). Alors on lit l'intensité A_2 sur l'ampèremètre.

Pour mesurer la perte à la terre du compensateur, on abaisse vers la gauche l'interrupteur figuré en haut du diagramme, ce qui met l'ampèremètre AA_1 dans le circuit de l'accumulateur, et on lit l'indication de cet ampèremètre, la terre étant à peu près au même potentiel que la barre neutre. On met ensuite hors circuit une fraction convenable de la résistance du rhéostat et l'on ferme l'interrupteur NP sur l'une ou l'autre des barres extrêmes. L'accroissement ou le décroissement d'intensité qu'indique l'ampèremètre AA_1, multiplié par un rapport simple (l'auteur a pris le rapport $\frac{5}{4}$), donne la perte à la terre du neutre M_3 et le voltmètre mesure la tension V_3 sous laquelle se produit cette perte.

Pour localiser un défaut sur un feeder, on se sert d'un commutateur à 20 directions, qui permet d'insérer un ampèremètre entre la barre neutre et l'un quelconque des feeders qui s'en détachent. Recommençant alors le dernier essai, le feeder sur lequel existe un défaut donnera une déviation très accentuée, correspondant, par exemple, à 50 ou 100 ampères si le défaut est grave.

Supposons maintenant que le défaut se trouve sur l'un des feeders positifs ou négatifs. Notre essai aurait alors montré que la barre neutre était saine et l'orientation de la ligne P — N aurait indiqué sur quel pôle se trouve le défaut. On mettrait ensuite hors circuit une partie ou la totalité de la résistance du rhéostat, et l'on fermerait l'interrupteur NP du côté droit (pour un défaut sur le pôle négatif), après avoir placé un fusible pour 100 ampères, par exemple. L'examen des ampèremètres de feeders sur ce pôle montrera immédiatement quel est le feeder endommagé [1].

[1] *Essai n° 1.* — On lit AA_1 et V_1 (potentiel du neutre par rapport à la terre) $\frac{V_1}{AA_1} = 2^\omega,3$.

Essai n° 2. — On amène à o la différence de potentiel entre le neutre et la terre et on lit A_2 (courant qui passe dans la résistance réglable entre le — et la terre. $A_2 = P - N$, $M = o$.

On applique alors la formule

$$F = \cot\alpha = \frac{V_1}{A_2 - \frac{V_1}{2,3}}$$

(c'est la pente de CD).

Essai n° 3. — Ayant noté le courant de compensation qui passe dans le neutre quand il est au potentiel de la terre, on amène, au moyen de la résistance réglable intercalée entre le + et la terre, le potentiel du neutre à 200 volts de celui de la terre; on lit alors le courant qui passe dans ce conducteur, d'où, par différence avec la lecture précédente, on a le courant de perte du neutre sous 200 volts. On en déduit par proportion le courant de perte sous le potentiel V_1.

Par cette disposition, l'auteur a cherché à réaliser les conditions qu'un panneau à essais doit remplir et qui sont les suivantes :

1° Il doit indiquer sur quel pôle se produit la perte ;

2° Il doit permettre de distinguer sur lequel des feeders (reliés à ce pôle) se trouve le défaut ;

3° Il doit permettre de « brûler », ou du moins de localiser le défaut par l'application momentanée d'une tension supérieure à la tension de distribution, tout en limitant l'intensité du courant qui pourrait passer alors dans ce défaut ;

4° Il ne doit pas nécessiter l'interruption de la connexion à la terre prescrite par le Board of Trade.

Dans la discussion qui a suivi cette Communication, plusieurs orateurs ont exprimé le regret que l'auteur n'eût pas exposé plus clairement sa méthode, l'absence de formules la rendant difficile à comprendre. M. Taylor a été ainsi amené à donner quelques explications complémentaires, que nous reproduisons ici.

Il s'est proposé d'indiquer un essai d'isolement dans lequel on n'ait pas à toucher à la connexion au sol du compensateur. La première partie de cet essai consiste à établir une perte artificielle à la terre sur l'un des conducteurs extrêmes et à mesurer l'intensité de ce courant de perte. On obtient ainsi la résistance d'isolement totale des trois conducteurs, représentée dans le diagramme de la figure 1 par le coefficient angulaire de la droite CD.

La seconde partie de l'essai, tout à fait distincte de la première, consiste à séparer les pertes. Au moyen d'une perte artificielle, on déplace le potentiel de la terre de façon à l'écarter autant qu'on veut, de 200 volts par exemple, du potentiel de la barre neutre. On applique ainsi à la résistance d'isolement du compensateur du réseau une tension de 200 volts, et, si cette résistance est de 10 ohms, il y passera 20 ampères. La somme algébrique des courants circulant dans les feeders neutres se trouvera donc accrue ou diminuée de cette quantité.

Supposons qu'avant ce déplacement du potentiel de la terre, et aussitôt après la première partie de l'essai (qui a laissé la terre *au même potentiel* que la barre neutre), le courant de compensation de l'usine soit, par exemple, de 50 ampères. Alors, en fermant le circuit de la perte artificielle de façon à appliquer une tension de 200 volts à la résistance d'isolement du neutre, on observera un accroissement momentané de 20 ampères du courant de compensation. Quand on supprimera la perte artificielle, ce courant reviendra à sa valeur première de 50 ampères.

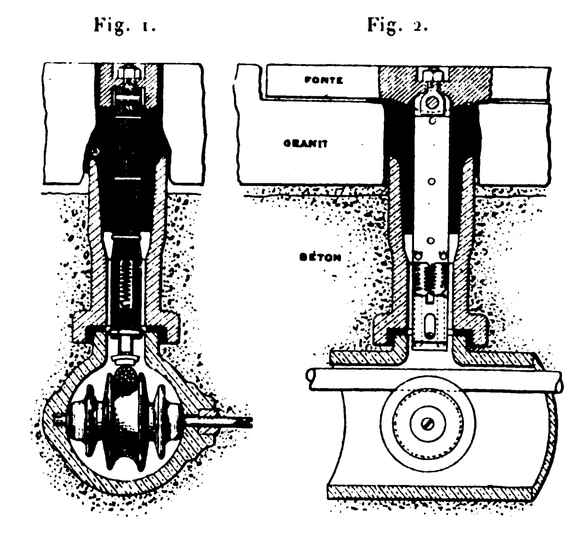
On sait donc par là que la résistance d'isolement du compensateur seul est de 10 ohms, et comme on a déjà mesuré la résistance d'isolement réduite des trois conducteurs, il est facile d'en tirer la résistance d'isolement réduite du positif et du négatif *seuls*. P. L.

TRACTION.

Prise de courant par contact superficiel pour les tramways électriques. (*Electrician*, t. LII, p. 456-457, 8 janvier 1904.)

Ce nouveau procédé est dit *Système G. B.* Le courant est amené par un câble nu en fer galvanisé, tiré dans des tuyaux de grès, où il est porté de distance en distance par des isolateurs en terre vitrifiée. S'il est nécessaire, on peut toronner avec le câble un conducteur en cuivre pour augmenter sa conductibilité. La profondeur totale à creuser n'est que de $0^m,48$, et l'on peut au besoin la réduire de $0^m,15$ ou $0^m,18$. Les conduits sont noyés dans une couche de béton (*fig.* 2). Des boîtes d'inspection sont placées tous les 180 ou 360 mètres. Des tuyaux destinés à l'écoulement des eaux y aboutissent. A des intervalles de $2^m,25$ (c'est la distance qui sépare les plots), un court tuyau vertical en terre est cimenté à la conduite horizontale (*fig.* 1 et 2). C'est dans ce

Fig. 1. Fig. 2.



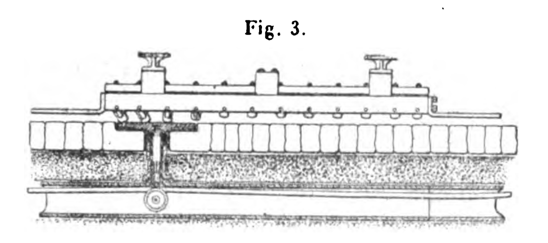
Sections transversale et longitudinale du plot.

tuyau vertical que s'enfonce la tige feuilletée du plot ; l'espace annulaire compris entre cette tige et le tube est rempli, à sa partie supérieure, de bitume, maintenu en dessous par un tampon d'étoupe. Un barreau plongeant, formé d'une masse feuilletée et d'un contact en charbon, glisse à frottement doux

4...

dans la fourchette, doublée de bronze, de la tige, à laquelle il est relié électriquement par des conducteurs souples en cuivre. Ce barreau est maintenu contre l'action de la pesanteur, qui tend à le faire tomber sur le câble, par un ressort isolé en bronze phosphoreux; la distance entre le câble et l'extrémité inférieure du barreau est d'environ 8^{mm}. Le pavé, en fonte ($5^{cm} \times 35^{cm}$), est encastré dans un bloc de granit. En approchant de sa surface la flamme d'un chalumeau, on peut fondre le bitume qui est au-dessous et retirer tout l'ensemble. La voiture porte, outre l'équipement ordinaire, un électro-aimant suspendu rigidement sous le châssis et une batterie d'accumulateurs. L'un des pôles de l'électro est formé de deux barres parallèles en fer, suspendues à $0^{m},05$ environ au-dessus du centre de de la voie. Entre ces deux barres sont un certain nombre de languettes de fer (*fig.* 3) suspendues par des ressorts et susceptibles d'un déplacement vertical assez étendu. Ces languettes sont toutes reliées à leurs extrémités inférieures par une chaîne plate (qu'on ne voit pas sur la figure), large d'environ 15^{mm} et maintenue parallèle à la voie, à une distance de 9^{mm} environ, par les ressorts et les languettes. En

Fig. 3.



Appareil de prise de courant.

vue d'assurer la continuité d'alimentation, la chaîne est plus longue que la distance entre les plots.

Quand la voiture passe au-dessus d'un plot, la chaîne et la tige plongeante sont attirées en même temps vers le bas, et la chaîne, venant en contact avec le plot, ferme le circuit électrique. La force résultante qui sollicite la tige mobile vers le bas est, dit-on, de 170^{g} au début et de 450^{g} quand le contact en charbon touche le câble. Si le câble est en métal non magnétique, cette force est naturellement moindre. La tige pèse 180^{g}.

Le système a été éprouvé récemment à Ilford, sur une voie de $1^{m},45$, longue de 320 mètres. La voiture, pourvue de deux moteurs Walker de 25 chevaux, pesait 10 tonnes; le courant absorbé par les moteurs a varié pendant les essais de 20 à 35 ampères, à la tension constante de 500 volts. On a mesuré les fuites entre plots et rails : elles étaient de 0,05 ampère, le sol étant très humide. En faisant démarrer la voiture contre l'action des freins, on a fait débiter aux plots un courant de 95 ampères. La puissance nécessaire à l'excitation des électros est de 325 watts.

Pour éviter qu'un plot ne reste chargé après le passage de la voiture, on a recours à une chaîne traînant sur la voie, qui agit comme un disjoncteur à maximum. P. L.

ÉLECTROCHIMIE.

Sur l'électrolyse industrielle de l'eau et sur l'emploi de l'hydrogène et de l'oxygène pour la soudure, par U. SCHOOP. (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. X, p. 131.)

Quoique depuis longtemps connue, la préparation de l'hydrogène et de l'oxygène par voie électrolytique n'a pas reçu encore un très grand développement industriel. Cette préparation offre en effet comme principal inconvénient de rendre possible la formation d'un mélange explosif des deux gaz; en outre il est difficile de trouver des électrodes inattaquables et d'avoir une faible résistance intérieure pour la cuve électrolytique. Cependant, la solution peut être résolue d'une façon très satisfaisante industriellement par l'emploi des diaphragmes non poreux (systèmes Garuti, Schoop). On obtient dans ce cas les deux gaz à l'état idéal de pureté. Ordinairement, l'hydrogène électrolytique renferme 2 pour 100 d'oxygène, et l'oxygène 1 à 2 pour 100 d'hydrogène. Aussi doit-on dans les applications thérapeutiques purifier cet oxygène en le faisant passer dans un tube métallique chauffé au rouge et dans lequel l'hydrogène est brûlé en eau.

Parmi les systèmes employés industriellement, on peut citer les procédés Garuti, Schmidt et Schoop. Les deux premiers travaillent en solution alcaline et le dernier, en solution acide. Dans les deux premiers, les électrodes sont en fer; dans le procédé Schoop, elles sont en plomb. Le système Garuti, le plus répandu, est employé en grand à Lucerne, Schiedam (Hollande), Tivoli (près de Rome) et Bruxelles (Société oxhydrique). Ici, le diaphragme métallique est muni de trous à la partie inférieure, de telle sorte que les liquides des deux compartiments peuvent communiquer, mais que les gaz restent absolument séparés tant que leur pression n'a pas dépassé une limite déterminée. Mais, si l'on dépasse cette limite de pression, les gaz se mélangent. En outre, il faut éviter de dépasser une certaine tension (environ 3, 4 volts), car alors le diaphragme métallique pourrait agir comme électrode bipolaire, autre cause d'un mélange des deux gaz. Les électrodes en fer de ce système sont lentement attaquées et doivent être remplacées après 2 ou 3 ans. L'emploi des lessives alcalines pré-

sente l'inconvénient d'une absorption de l'acide carbonique de l'air, ce qui abaisse encore la conductibilité de la solution, conductibilité qui déjà n'est pas trop élevée. Malgré cela, à égalité de conductibilité du bain, la tension aux bornes de la cuve est plus faible ici que dans le cas où l'on emploie de l'acide sulfurique comme électrolyte avec des électrodes en plomb. Ces dernières créent en effet une force contre-électromotrice.

L'appareil Schmidt ne diffère pas sensiblement d'un filtre-presse. Il est composé d'électrodes bipolaires en fer placées parallèlement les unes à côté des autres. Des toiles d'amiante gommées au bord servent d'isolants et de joints, en même temps qu'elles séparent les gaz. Tous les compartiments avant des électrodes communiquent à une conduite générale d'un des gaz, hydrogène par exemple, pendant que tous les compartiments arrière sont en relation avec la conduite générale d'oxygène. L'appareil doit être démonté et visité toutes les six semaines environ ; de temps en temps on doit remplacer les diaphragmes en amiante. L'avantage de ce système est surtout son faible encombrement ; aussi est-il recherché principalement dans les laboratoires. Il peut fournir 168^{l} d'hydrogène et 84^{l} d'oxygène par kilowatt-heure, ce qui correspond à la décomposition de 134^{g} d'eau.

Dans l'appareil Shoop, ce qui est caractéristique, c'est la forme en tube des électrodes qui présentent à la partie inférieure un évasement en forme de cloche. Ces électrodes sont des tubes en plomb recouverts extérieurement d'un enduit isolant. Afin d'augmenter la surface, les tubes sont munis intérieurement de pièces en plomb en forme de radiateurs.

Un tube peut supporter une intensité de 25 ampères et fournir par heure $5^{l},22$ d'oxygène et $10^{l},44$ d'hydrogène. La tension aux bornes atteint 3,3 à 3,6 volts, de telle sorte qu'on peut brancher 30 éléments en tension sur un réseau à 110 volts. Afin d'éviter la décharge sur le réseau des cuves formant batterie d'accumulateurs, on dispose un disjoncteur dans le circuit.

Ce système se distingue par sa sécurité d'exploitation, le mélange des gaz étant rendu absolument impossible. La pression sous laquelle les gaz se dégagent dépend de la hauteur des électrodes de plomb. Dans les appareils ordinaires, la pression varie entre 60^{cm} et 70^{cm} d'eau et les gaz peuvent être ainsi envoyés directement aux brûleurs sans compression spéciale.

D'après la *Kölner Akkumulatoren-Werke*, qui exploite ce système, on obtiendrait, par cheval-heure, $48^{l},75$ d'oxygène et $97^{l},5$ d'hydrogène.

1^{m^3} de gaz tonnant correspondrait donc, d'après ces chiffres, à une consommation d'énergie de 6,2 à 6,8 chevaux-heure. Les gaz sont d'une pureté absolue; seul l'oxygène est fortement ozoné, ce qui n'a pas lieu axec les électrolytes alcalins. Comme unique soin, cet appareil demande seulement une addition d'eau pure tous les 8 jours.

Pour être transportés, ces gaz sont ordinairement comprimés à la pression de 125 atmosphères dans des récipients en acier. On n'utilise pas directement les gaz à cette pression, aussi munit-on le récipient d'un détendeur avec manomètre, ramenant la pression entre 0 et 3 atmosphères.

Pour le graissage de ce détendeur, on ne doit en aucun cas employer d'huile ou de graisse, mais seulement de l'eau que l'on peut mélanger à un tiers de glycérine.

Les principales utilisations de l'hydrogène et de l'oxygène sont les suivantes : thérapeutique, soudure des métaux, aérostation, fabrication du verre, éclairage, laboratoires.

L'application la plus importante est certainement celle à la soudure.

La température de combustion de 2 volumes d'hydrogène en présence de 1 volume d'oxygène, au chalumeau, atteint 2500° à 3000° C., température qui permet d'effectuer la soudure autogène de tous les métaux.

En pratique, on n'emploie pas le mélange en proportion théorique, car il est préférable de communiquer à la flamme des propriétés réductrices; en outre, l'oxygène de l'air participe également à la combustion. Aussi, pour les travaux de soudure, utilise-t-on en général 4 parties d'hydrogène pour 1 d'oxygène.

La soudure électrique a comme principal inconvénient de changer la structure et la constitution de la plupart des métaux, par suite de l'atmosphère de l'arc qui est saturée de carbone. C'est ainsi que le fer, par exemple, devient cassant et ne se laisse plus facilement travailler.

La soudure au chalumeau ne présente pas cet inconvénient; en outre, elle permet de régler à volonté la flamme, de modifier sa longueur et sa température, de la rendre oxydante ou réductrice selon les besoins.

La pratique a montré que, pour la sécurité, il convient de ne mélanger les gaz que très peu avant la flamme. On peut faire arriver au chalumeau le mélange tonnant tout préparé, mais il faut alors éviter une aspiration de la flamme. Dans tous les cas, il est très important que la vitesse du courant gazeux soit plus grande que la vitesse de propagation de l'inflammation du gaz tonnant. Il faut donc que la section du trou du brûleur soit ajustée d'après la grandeur de la flamme et la pression du gaz.

Dans les gros chalumeaux qui possèdent une chambre à mélange avant le départ du jet, il est recommandé de ne pas fixer solidement les tuyaux, avec une corde, par exemple. Si une explosion survient dans la chambre à mélange, ces tuyaux sautent et il n'en résulte pas d'autre accident.

La soudure au chalumeau oxhydrique est plus économique que celle employée encore maintenant pour la soudure autogène du plomb et qui consiste à brûler un mélange d'air et d'hydrogène obtenu par voie chimique.

La soudure de l'aluminium, si difficile à réaliser, se fait facilement avec le chalumeau oxhydrique en employant une flamme de gaz tonnant riche en hydrogène.

Comme expérience curieuse, l'auteur a réussi à maintenir dans l'eau la flamme du gaz tonnant. On réalise ainsi une chaudière à grand rendement mais que le prix encore trop élevé des gaz ne permet pas d'utiliser pratiquement.

La soudure autogène du cuivre, du fer, du laiton réussit également très bien avec la flamme à gaz tonnant et la Société oxhydrique de Bruxelles répare, à l'aide de ce procédé, les chaudières à tubes. Des essais de résistance de tôles de fer ainsi soudées ont été effectués à Malines (Belgique) et ont donné les résultats suivants :

Épaisseur de la tôle de fer, en millimètres.	Charge de rupture en kilogrammes par millimètre carré de la tôle — non soudée.	soudée.
1	33,0	42,0
3	38,4	38,0
5	44,0	36,6
8	42,3	31,5

Dans les usines de Krupp, on utilise le chauffage au chalumeau oxhydrique dans la fabrication des plaques de blindage : les parties qui doivent recevoir les rivets sont ainsi traitées et perforées à chaud.

L'emploi du mélange tonnant est également avantageux en éclairage; avec les manchons Auer, on obtient une lumière qui se rapproche de celle de la lampe à arc. Au point de vue hygiénique, ce procédé est très supérieur à l'éclairage au gaz puisqu'il ne se dégage pas d'acide carbonique et qu'il n'y a pas consommation de l'oxygène atmosphérique.

En ce qui concerne les prix des gaz, la Société Linde livre actuellement l'oxygène à raison de 4,5 marks (6fr,6) le mètre cube et l'hydrogène à raison de 2 marks (2fr,5) le mètre cube. Il y a peu d'années, l'oxygène valait encore 8 à 10 marks le mètre cube.

On peut prévoir que ces gaz joueront prochainement un très grand rôle industriel, surtout si l'on réussit à diminuer encore leur prix de revient.

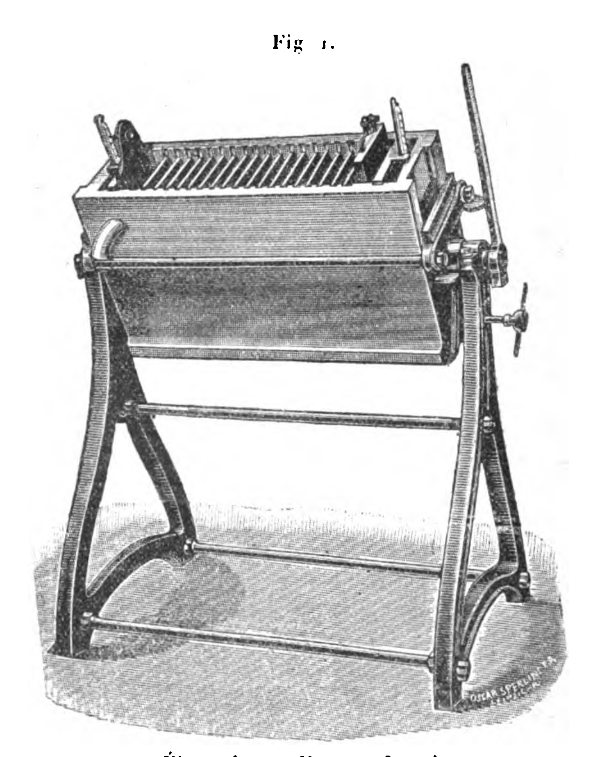
L. J.

Electrolyseur Haas et Oettel pour blanchiment électrolytique (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. X, p. 187, novembre 1903).

Ce nouvel électrolyseur permet d'atteindre des concentrations très élevées et allant jusqu'à 20g et plus de chlore actif par litre, au lieu de 3g à 4g que l'on obtient ordinairement.

L'électrolyseur représenté en figure 1 est constitué à l'aide d'électrodes bipolaires en charbon; les électrodes extrêmes sont deux plaques épaisses; les intermédiaires sont des plaques de 1cm d'épaisseur que l'on glisse verticalement dans les rainures de l'appareil. Ces électrodes intermédiaires ne descendent pas jusqu'au fond, mais chaque groupe de plaques repose sur un tasseau en matière isolante; de même à la partie supérieure les plaques sont prolongées par des plaquettes isolantes. Cette disposition a un double but : les boues peuvent se déposer au fond de chacune des chambres et ainsi ne nuisent pas au fonctionnement de l'électrolyseur. D'autre

Fig. 1.



Électrolyseur Haas et Oettel.

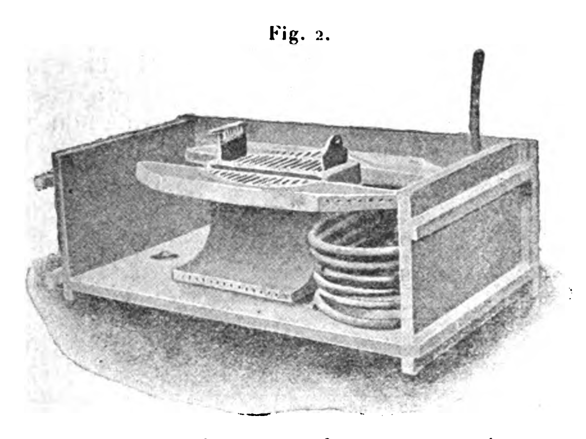
part, les électrodes étant toujours au-dessous du niveau du liquide, il en résulte que les bulles de chlore qui peuvent se dégager ont à traverser une certaine hauteur de liquide avant de passer dans l'air et sont alors absorbées. L'appareil est donc rendu inodore.

La solution utilisée, chlorure de sodium de 4° à 6° B., est introduite dans la première chambre; le déplacement se fait ensuite verticalement dans chacune des chambres, les communications entre elles étant disposées en chicane, alternativement en haut et en bas. De la dernière chambre la lessive se rend à un réservoir d'où on la prend pour l'utiliser. A l'entrée et à la sortie de l'électrolyseur se trouve un thermomètre qui permet de juger rapidement la teneur de la lessive obtenue. C'est qu'en effet, pendant l'électrolyse, il y a échauffement, de sorte que pour chaque teneur déterminée il résulte une différence de température également déterminée entre les deux thermomètres.

L'appareil est mobile autour d'un axe et le nettoyage est ainsi rendu très facile. Il suffit en effet d'incliner à 90° et de faire passer un courant d'eau dans les différentes chambres pour enlever les boues. Il n'y a donc rien à démonter pour le nettoyage. De même le remplacement des électrodes est très commode et très rapide. On compte, pour la durée de ces électrodes, environ 1,5 an.

Cet appareil se construit pour les tensions 65, 110, 120, 220 et 240 volts. Il donne facilement une teneur de 3g de chlore actif par litre. Cependant le traitement de certaines matières comme le coton exige des concentrations de 5g à 8g et même 10g de chlore actif par litre. On ne peut songer à obtenir ces concentrations en diminuant la vitesse d'écoulement dans l'appareil précédent, car il se produit alors un échauffement qui transforme l'hypochlorite en chlorate, sel inactif au point de vue du blanchiment.

Fig. 2.



Nouvel électrolyseur pour fortes concentrations.

Certains constructeurs arrivent au résultat en faisant circuler le liquide à l'aide de pompes centrifuges; ce liquide traverse un réfrigérant et revient s'enrichir dans l'appareil.

Les auteurs utilisent ici l'hydrogène dégagé par l'électrolyse pour faire circuler le liquide. La figure 2 représente un électrolyseur de ce type (brevet allemand 114739). L'électrolyseur proprement dit, qui comprend des électrodes semblables au précédent, est placé dans une caisse extérieure remplie du liquide.

Les chambres élémentaires sont séparées les unes des autres, mais elles possèdent à la partie inférieure une petite ouverture qui les met en communication avec le liquide extérieur. Vers le bord supérieur, chaque chambre possède en outre un tube d'écoulement qui aboutit également dans le réservoir de lessive. Ce réservoir est rempli de la solution de sel marin jusqu'aux tubes supérieurs.

Lorsqu'on envoie le courant, le vif bouillonnement produit fait sortir le liquide de l'électrolyseur par les tubes supérieurs; du liquide frais rentre alors par les orifices inférieurs et il en résulte une circulation continue de l'électrolyte.

En somme, l'électrolyseur et le récipient extérieur forment vases communicants, celui-ci renfermant une colonne dense de lessive tandis que l'électrolyseur est rempli d'un mélange plus léger de lessive et de bulles d'hydrogène. Aussi longtemps que l'hydrogène se dégage, il ne peut y avoir d'équilibre hydrostatique et la circulation de l'électrolyte se fait activement.

Dans le récipient extérieur on dispose en outre un serpentin de refroidissement qui maintient à 24° C. la température de la lessive.

Avec ces nouveaux appareils, après une marche de 10 heures à une intensité moyenne de 68 ampères, on obtient $8^{kg},4$ de chlore sous la forme d'une lessive de concentration $10^{g},6$ de chlore par litre. Il en résulte une dépense d'énergie, par kilogramme de chlore, de 5,4 chevaux-heure pour la concentration $3^{g},0$ de chlore par litre et de 12,3 chevaux-heure pour la concentration $10^{g},6$ de chlore par litre. On sait, en effet, que la formation de l'hypochlorite se fait avec un plus mauvais rendement lorsque la concentration augmente par suite des pertes dues à la réduction, à la décomposition de l'eau et à la formation du chlorate.

Le Tableau suivant indique d'ailleurs les principaux résultats obtenus pendant l'électrolyse avec un appareil à 28 chambres, marchant à 60 ampères sous une tension de 115 volts, la lessive étant composée au début de 840^{l} de sel marin à la concentration 15° B.

HEURES.	DEGRÉS centigrades.	AMPÈRES.	VOLTS.	CHEVAUX-HEURE.	CHLORE ACTIF.		RENDEMENT en quantité.	CHEVAUX-HEURE par kilogramme de chlore.
					GRAMMES par litre.	QUANTITÉ totale en kilogrammes.		
1	17	61	116	9,6	2,55	2,14	0,950	4,48
2	22	63	116	19,5	4,59	3,85	0,824	5,07
3	23	62	115	29,2	5,90	4,95	0,721	5,90
4	23	61,5	116	38,9	7,41	6,22	0,682	6,26
5	23	62	117	48,8	8,82	7,41	0,648	6,60
6	23	61	117	58,5	10,50	8,82	0,619	6,64
7	23	62	117	68,4	11,22	9,43	0,591	7,25
8	23	61	117	78,1	12,30	10,32	0,567	7,56
9	23	61	117	87,8	13,35	11,21	5,548	7,82
10	23	61	117	97,5	14,31	12,00	0,528	8,11

Pour montrer l'influence de la concentration du sel marin, on a opéré dans un appareil semblable au précédent avec des lessives de concentrations différentes : *a*, concentration 10°B. et *b*, concentration 15°B. Après 10 heures de fonctionnement on obtenait les résultats indiqués dans le Tableau ci-dessous.

CONCENTRATION.	AMPÈRES.	VOLTS.	CHEVAUX-HEURE.	CHLORE ACTIF.		RENDEMENT en quantités.	CHEVAUX-HEURE par kilogramme de chlore.
				Grammes par litre.	Quantité totale en kilogrammes.		
a	40	110	60	8,97	6,73	0,447	8,9
b	50	110	75	14,3	10,73	0,573	7,0

Comme on le voit, avec la lessive plus concentrée, l'intensité est plus élevée par suite de la plus faible résistance intérieure. Partout où le prix du sel n'est pas élevé d'une façon anormale, il est donc plus avantageux de traiter une solution plus concentrée en sel, quitte ensuite à diluer la lessive jusqu'à la concentration désirée en hypochlorite. L. J.

Sur la formation électrolytique des perchlorates, par WILHELM OECHSLI. (*Zeitschrift f. Elektrochemie,* t. IX, p. 807, 8 octobre 1903.)

Pour déterminer les conditions de formation du perchlorate, l'auteur a soumis à l'électrolyse le chlorate en solutions neutre, acide et alcaline; il a fait varier la densité de courant, la température; enfin, il a pris comme anode, soit le platine poli, soit le platine platiné.

Disposition des essais. — Pour les recherches avec solutions neutres et alcalines, on prenait un vase cylindrique en verre ayant 10^{cm} de hauteur et 5^{cm} de diamètre. Ce vase était fermé hermétiquement à l'aide d'un bouchon de caoutchouc qui laissait passer les conducteurs scellés dans un tube de verre, un thermomètre et le tube de dégagement des gaz. L'anode consistait en une lame de platine, polie ou platinée, ayant $3^{cm} \times 4^{cm}$, soit une surface totale active de 24^{cm^2}. Les cathodes, placées à 12^{mm} de l'anode, avaient également $3^{cm} \times 4^{cm}$ et étaient en platine platiné, le potentiel cathodique étant moins variable avec celui-ci qu'avec le platine poli. Le tube de dégagement des gaz permettait de comparer la quantité et la composition de ceux-ci par rapport au gaz tonnant produit dans un voltamètre disposé en série. De la teneur en oxygène des deux gaz on déduisait le rendement en quantité. Comme en solution neutre et alcaline il ne se produit aucune réduction si l'essai est effectué à basse température, on peut se dispenser d'employer le voltamètre à gaz tonnant, et l'on peut déduire le rendement en quantité de l'analyse des gaz de l'élément.

Dans les recherches avec solutions acides, comme



la réduction est à craindre, il faut faire usage d'un diaphragme. Le compartiment anodique était constitué ici par un vase d'argile poreuse de 8^{cm} de hauteur et 4^{cm} de diamètre, il était fermé hermétiquement par un bouchon de caoutchouc qui ne laissait passer que les conducteurs, un thermomètre et un tube de dégagement des gaz. Le compartiment cathodique était un vase en verre de 9^{cm} de hauteur et 7^{cm} de diamètre. L'anode était demi-cylindrique et avait $3^{cm} \times 4^{cm}$, soit une surface active de 24^{cm^2}. La cathode consistait en un cylindre de platine platiné ayant comme dimensions planes $6^{cm} \times 12^{cm},5$. L'électrolyte cathodique était composé d'une solution de chlorate de sodium en concentration équivalente à celle de l'anode. Afin d'éviter l'endosmose, on tenait toujours plus élevé le niveau du liquide cathodique.

Dans les essais avec solutions neutres et alcalines, on employait comme électrolyte une solution de chlorate de sodium pur et exempt de chlorure. Pour rendre la solution alcaline, on l'additionnait de lessive de soude pure.

L'analyse des solutions se faisait en dosant avant et après l'électrolyse l'oxygène actif par le sulfate ferreux. Pour un rendement théorique on devait avoir

$$\underbrace{HClO^3}_{3\ \text{équivalents.}} + \underbrace{O}_{1\ \text{équivalent.}} = HClO^4.$$

Le rendement en quantité était donc égal au rapport entre la quantité d'oxygène disparu et trois fois la quantité d'oxygène du voltamètre. Cependant cette méthode offre l'inconvénient d'une perte mécanique en acide chlorique et donne ainsi une valeur plus élevée que l'analyse des gaz.

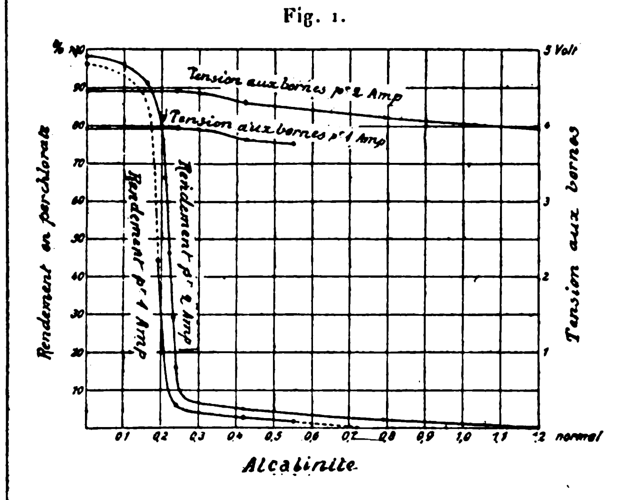
Formation électrolytique du perchlorate dans des conditions variables. — Six premiers essais effectués avec des solutions neutres de chlorate de sodium montraient que pour une densité de courant élevée, 0,083 ampère par centimètre carré à l'anode, le rendement est d'autant plus élevé que la concentration de la dissolution est grande. Avec une solution à 66 pour 100 de $NaClO^3$, le rendement est presque égal à 100 pour 100. La densité de courant n'a qu'une faible influence et le rendement augmente un peu en élevant de 0,0207 à 0,083 ampère par centimètre carré la densité de courant anodique pour une concentration de chlorate à 25 pour 100. Au début de tous ces essais on constatait un rendement un peu plus faible que dans la suite, puis le rendement atteignait sa valeur constante en même temps que montait la tension du bain jusqu'à une valeur égament constante. Comme il n'y a pas de différence entre la conductibilité du chlorate et celle du perchlorate, la transformation se fait sans variation du potentiel anodique.

Dans un septième essai, on interrompait l'électrolyse pendant 5 minutes dans le courant de l'opération; après reprise on constatait en même temps qu'une plus faible tension un rendement moindre qu'avant l'interruption ; puis le rendement et la tension remontaient à leurs valeurs normales. On en conclut qu'une haute tension anodique favorise la formation du perchlorate.

Dans les essais 8, 9 et 10, l'auteur opérait avec diaphragme soit en solution acide (concentration anodique 2,4 fois normale en $HClO^3$, concentration cathodique 2,4 fois normale en $NaClO^3$) soit en solution neutre (concentration anodique et cathodique 2,4 fois normale en $NaClO^3$). Il constatait d'abord qu'il n'y a pas de différence pour les solutions neutres, que l'électrolyse ait lieu avec ou sans diaphragme. Pour les solutions acides on constate également au début une élévation et de la tension et du rendement. Avec les faibles densités de courant, ce rendement est plus élevé en solution acide qu'en solution neutre équivalente. Mais, pour les fortes densités de courant, le rendement est sensiblement le même qu'il s'agisse de solution acide ou de solution neutre et d'électrolyse avec ou sans diaphragme.

Par l'emploi de solutions alcalines on obtient un

Fig. 1.



électrolyte de moindre résistance intérieure. C'est ainsi que la résistance de l'appareil d'électrolyse utilisé étant de 0,57 ohm avec solution neutre 2,4 fois normale en chlorate de sodium, baisse à 0,494 ohm en rendant la solution alcaline à la concentration 0,24 fois normale et à 0,432 ohm en augmentant l'alcalinité à la concentration 0,42 fois normale. En fait on trouve bien pendant les essais

une diminution de la tension aux bornes correspondant à cette différence de résistance.

Dans les essais 11 à 22 on faisait varier la concentration en alcali pour deux intensités différentes 1 et 2 ampères correspondant aux deux densités de courant anodique 0,0415 et 0,083 ampère par centimètre carré. La figure 1 exprime les résultats de ces différents essais. On remarque ici que l'augmentation de l'alcalinité ne fait pas baisser la tension d'une quantité correspondant à la diminution de résistance. On peut donc penser que le potentiel anodique monte un peu pendant que la résistance intérieure diminue.

Les recherches 23 à 28 avaient pour but de déterminer l'influence de la température sur la formation du perchlorate. De ces essais, on conclut que pour une même densité de courant, tandis qu'à basse température, 5° à 10° C., on peut obtenir un rendement de 96 à 98 pour 100, à la température de 80° C., on n'obtient pas du tout de perchlorate avec des densités de courant anodique de 0,0415 et 0,083 ampère par centimètre carré. En augmentant à 0,125, 0,166 et à 0,208 ampère par centimètre carré la densité de courant anodique, le rendement s'élève respectivement à 1,4 à 1,6, 13,5 à 14,8 et 40 à 42,5 pour 100 pour cette même température 80° C.

L'alcalinité agit beaucoup plus fortement à haute qu'à basse température. C'est ainsi que, pour une densité de courant anodique de 0,083 ampère par centimètre carré et à basse température, le rendement atteint 98 pour 100 en solution neutre et 90 pour 100 en solution de concentration 0,160 fois normale en alcali. Pour une densité de courant anodique de 0,208 ampère par centimètre carré et à 80° C., au contraire, le rendement baisse de 40 pour 100 (solution neutre) à 5 pour 100 seulement pour une solution de concentration 0,150 fois normale en alcali. L'augmentation de température agit donc dans le même sens que l'augmentation d'alcalinité. Ces deux influences peuvent être affaiblies par l'emploi des hautes densités de courant.

En recherchant l'influence du platinage de l'anode sur la formation du perchlorate (essais 29 à 31) l'auteur a trouvé qu'une densité de courant qui procurait dans le cas de l'anode polie un rendement presque théorique en perchlorate, ne donnait ici, avec l'anode platinée, qu'un rendement égal à 2 à 3 pour 100. La différence de potentiel aux bornes, et par suite le potentiel anodique, est dans ce dernier cas, et pour une densité de courant de 0,083 ampère par centimètre carré, inférieure de 0,5 volt à la tension obtenue avec l'anode polie. Cette différence devient égale à 0,7 volt pour une densité de courant de 0,415 ampère par centimètre carré.

La force électromotrice, immédiatement après interruption du courant, était trouvée égale à 2,5 volts dans le cas des électrodes platinées. En supposant que la cathode est à ce moment entourée d'une solution alcaline normale, son potentiel, mesuré avec l'électrode normale-hydrogène, est + 0,8 volt. Il reste donc — 1,7 volt pour l'anode. Cette valeur est voisine de celle — 1,68 volt nécessaire pour le dégagement de l'oxygène sur le platine dans l'acide normal.

Le platinage de l'anode exerce donc sur la formation du perchlorate la même influence que l'alcalinité ou que l'augmentation de température. Ici aussi une augmentation de la densité de courant rend cette influence moins sensible.

Discussion théorique des essais. — Les recherches ont montré que, par l'emploi des solutions neutres de chlorate, un certain potentiel anodique est nécessaire pour former le perchlorate et que les rendements élevés s'obtiennent avec les potentiels élevés. On pourrait en conclure que seul l'oxygène de l'électrolyte à haut potentiel possède la qualité d'oxyder le chlorate en perchlorate. Cependant on trouve qu'avec les solutions alcalines faibles le rendement en perchlorate est très variable pour de petites différences d'alcalinité alors que le potentiel ne varie pas sensiblement.

C'est que, en solution alcaline, à côté des ions ClO^3, existent les ions OH qui entravent la formation du perchlorate. Celle-ci est liée essentiellement à la décharge des ions ClO^3.

En solution étendue de chlorate, les ions OH se déchargent à côté des ions ClO^3; mais, comme leur décharge abandonne des ions hydrogène dans l'électrolyte, elle est bientôt rendue difficile et d'autant plus rapidement que la densité de courant est plus élevée. On comprend ainsi que le rendement en perchlorate augmente avec la densité de courant. Avec le platinage de l'anode, celle-ci présentant une plus grande surface, les ions hydroxyle se déchargent beaucoup plus facilement et le rendement en perchlorate baisse.

Lorsque la solution est acide au début, comme il existe moins d'ions hydroxyle qu'en solution neutre, le rendement est plus élevé. Mais, comme une grande densité de courant à l'anode produit rapidement en solution neutre également une forte concentration des ions hydrogène, l'influence de l'acidification devient d'autant moindre que la densité de courant est plus élevée, ce que l'on constate en effet.

On sait, d'autre part, que la concentration des ions OH augmente considérablement avec la température. C'est ainsi que le rendement en perchlorate baisse à température élevée, puisqu'il se décharge moins d'ions ClO^3.

Pour comprendre la formation du perchlorate par la décharge des ions ClO^3, l'auteur indique comme vraisemblable la réaction suivante

$$2\bar{ClO^3} + H^2O + 2 \oplus = HClO^4 + HClO^2 + O,$$

mais l'oxygène ne se dégage pas et transforme en acide chlorique l'acide chloreux.

On pourrait également attribuer à l'ozone la propriété d'oxyder le chlorate en perchlorate, d'après les équations

$$6\bar{ClO^3} + 3H^2O + 6 \oplus = 6HClO^3 + O^3$$

et

$$HClO^3 + O^3 = HClO^4 + O^2;$$

mais, si cette action se produit, elle ne peut être que secondaire, puisqu'elle ne procure qu'un rendement de 33 pour 100, alors qu'on obtient en pratique des rendements beaucoup plus élevés.

Recherche d'une oxydation chimique du chlorate. — Dans des essais 32 et 33, l'auteur a recherché si l'ozone pent transformer en perchlorate le chlorate. Il a d'abord expérimenté sur une solution neutre de chlorate de sodium à 25 pour 100, et a constaté que la quantité d'oxygène actif dans la solution était la même après le traitement à l'ozone qu'avant ce traitement. Les mêmes résultats ont été obtenus en remplaçant la solution de chlorate par celle d'acide chlorique à 20 pour 100.

On en conclut que l'oxydation des ions ClO^3 ne peut pas être obtenue à l'aide d'un gaz renfermant 6 pour 100 en volume d'ozone.

Électrolyse de l'acide et des sels chloreux. — Comme l'acide chloreux est peu conducteur, on utilisait ici une solution d'acide chloreux dans l'acide phosphorique à 12 pour 100. On employait un diaphragme, car l'acide chloreux se réduit à la cathode; même on ajoutait un deuxième diaphragme pour éviter la diffusion. Le compartiment anodique était constitué par un vase poreux de 4^{cm} de diamètre et de 8^{cm} de hauteur; ce vase était fermé hermétiquement à l'aide d'un bouchon de caoutchouc et ne laissait passer que les conducteurs, un thermomètre et le tube de dégagement gazeux. Ce vase poreux était introduit dans un deuxième vase poreux ayant 5^{cm} de diamètre et $8^{cm},5$ de hauteur. L'espace compris entre ces deux vases était fermé hermétiquement à la partie supérieure. L'ensemble était disposé dans un vase en verre de 9^{cm} de hauteur et de 7^{cm} de diamètre, et qui servait de compartiment cathodique. L'anode consistait en deux demi-cylindres en platine platiné, de dimensions $3^{cm} \times 4^{cm}$, soit de surface active 24^{cm^2}. Comme cathode, on prenait un cylindre en platine platiné ayant comme dimensions planes $6^{cm} \times 12^{cm},5$.

Le compartiment anodique était rempli de la solution phosphorique d'acide chloreux; les deux autres compartiments renfermaient de l'acide phosphorique à 12 pour 100. On effectuait l'essai 34 à l'aide d'une solution anodique 0,35 fois normale en acide chloreux; la densité de courant anodique était 0,0415 ampère par centimètre carré, la tension 3,4 volts et la température 10° C. D'après l'analyse des gaz de l'anode on trouvait que l'utilisation de l'oxygène correspondait à un rendement de 34,55 pour 100.

L'analyse des solutions indiquait les valeurs suivantes :

ClO^2 disparu............	$0^g,5202$
$HClO^3$ formé............	$0^g,5980$

alors que les quantités calculées d'après l'équation

$$2ClO^2 + O = Cl^2O^5$$

devaient être

ClO^2 disparu............	$0^g,4975$
$HClO^3$ formé............	$0^g,5970$

Les valeurs correspondent bien pour l'acide chlorique; par contre il y a perte d'acide chloreux. La faiblesse du rendement moyen obtenu s'explique par la faible concentration de la solution et la durée de l'électrolyse.

Dans l'essai 35 la solution anodique était à la concentration 0,18 fois normale en acide chloreux; la densité de courant atteignait 0,0125 ampère par centimètre carré et la température 8° C. à 9° C.

Le rendement, d'après l'utilisation de l'oxygène, ne s'élevait qu'à 19,78 pour 100. L'analyse des solutions montrait les résultats suivants :

ClO^2 disparu............	$0^g,2732$
$HClO^3$ formé............	$0^g,3147$

pendant que les valeurs calculées d'après l'équation ci-dessus devaient être

ClO^2 disparu............	$0^g,2685$
$HClO^3$ formé............	$0^g,3222$

C'est surtout la concentration plus faible en acide chloreux qui donne pour ce dernier essai un rendement moindre que dans l'essai 34. L'influence de la densité de courant est relativement faible. En effet, une solution de même concentration que dans l'essai 35, électrolysée à la même densité de courant que dans l'essai 34, donnait un rendement de 15,7 pour 100.

Ces essais montrent qu'avec les anodes platinées l'acide chloreux est oxydé en acide chlorique. En augmentant la densité de courant une partie de l'acide chlorique se transforme en acide perchlorique, mais, pour les faibles densités de courant em-

ployées ici, il ne se forme pas du tout de perchlorate.

Dans l'essai 36, l'auteur utilisait non plus l'acide chloreux, mais un chlorite. La solution anodique était 0,245 fois normale en chlorite de baryum et saturée de baryte; la solution cathodique était saturée de baryte. La densité de courant était égale à 0,0415 ampère par centimètre carré à l'anode; la tension montait à 4,5 volts, la température étant 8° C. D'après l'analyse des gaz, on constatait que 43,47 pour 100 de l'oxygène étaient utilisés pendant l'électrolyse. L'analyse des solutions donnait les résultats suivants :

Chlorite disparu	0g,2364
Chlorate formé	0g,3446

En calculant d'après l'équation

$$HClO^2 + O = HClO^3$$

on devait obtenir :

Chlorite disparu	0g,2330
Chlorate formé.................	0g,3495

Dans un 37e essai, on prenait la même solution anodique que précédemment; mais la densité de courant anodique n'était plus que de 0,0125 ampère par centimètre carré; la température était 5°C.

D'après l'analyse des gaz, on constatait un rendement de 46,04 pour 100, d'après l'oxygène. L'analyse des solutions indiquait les résultats suivants :

Chlorite disparu	0g,2553
Chlorate formé.................	0g,3751

alors qu'on aurait dû avoir d'après l'équation indiquée ci-dessous :

Chlorite disparu	0g,2544
Chlorate formé.................	0g,3816

Dans ces deux derniers essais il ne s'était pas formé de perchlorate.

En solution alcaline et avec anode platinée, le chlorite s'oxyde donc en chlorate. Si le rendement obtenu est faible, c'est que la concentration est elle-même très basse. Ce rendement est un peu meilleur avec une densité de courant plus faible; mais la différence n'est pas très sensible.

D'après l'auteur, pendant l'électrolyse du chlorite de baryum, il y a oxydation des ions ClO^2 d'après l'équation

$$Cl\bar{O}^2 + 2\bar{O}H + 2\,(+) = Cl\bar{O}^3 + H^2O.$$

En solution hydratée d'acide chloreux, ces anions existent aussi en faible concentration et le gaz dissous se tient en équilibre avec l'hydroxyle de l'eau d'après l'équation

$$2ClO^2 + \bar{O}H + \overset{+}{H} \rightleftarrows 2\overset{+}{H} + Cl\bar{O}^3 + Cl\bar{O}^2.$$

Il est probable aussi que l'acide chloreux dissous peut être oxydé en chlorate directement à l'anode d'après l'équation

$$ClO^2 + \bar{O}H + (+) = Cl\bar{O}^3 + \overset{+}{H}.$$

Cette dernière réaction ne doit pas être considérée pendant la formation du perchlorate, car il est peu vraisemblable qu'après transformation des ions $Cl\bar{O}^3$ déchargés en $HClO^4$ et $HClO^2$ sous l'influence de l'eau il puisse exister de l'acide chloreux en quantité élevée, sous l'influence des ions $Cl\bar{O}^3$ encore existants. Avec les grandes densités de courant employées pendant la formation du perchlorate les quantités de $HClO^3$ nécessaires pour la formation de l'acide chloreux doivent à peine exister à l'anode polie.

Conclusion. — On peut considérer comme démontré que la formation électrolytique du perchlorate se produit par la transformation des ions ClO^3 déchargés en $Cl\bar{O}^4$ et $Cl\bar{O}^2$ pendant que l'acide chloreux résultant devient oxydé en acide chlorique.

L. JUMAU.

Contribution à l'étude des sels plombiques, par K. ELBS et R. NUBLING. (*Zeitschrift f. Electrochemie,* t. IX, p. 776, 17 septembre 1903.)

Nous analyserons cette étude parce qu'elle se rapporte, d'une part, à la préparation électrochimique des différents sels plombiques et que, d'autre part, la connaissance de ces différents sels présente un certain intérêt au point de vue de la théorie de l'accumulateur au plomb.

Antérieurement ([1]) nous avons déjà parlé de la préparation du sulfate plombique $Pb(SO^4)^2$ par K. Elbs et F. Fischer. Dans l'étude actuelle les auteurs examinent d'autres sels.

1° *Acide chlorhydrique comme électrolyte.* F. Færster a déjà obtenu le chlorure plombique par électrolyse; mais sa méthode ne permettait pas d'en produire de grandes quantités.

L'électrolyse se fait dans un vase en verre de section rectangulaire au milieu duquel on a disposé un vase poreux qui sert de compartiment cathodique. Dans ce vase on place comme cathode une plaque de plomb plongeant dans une solution d'acide chlorhydrique de densité 1,1. A droite et à gauche du vase poreux se trouvent deux anodes constituées

([1]) *L'Éclairage électrique*, t. XXVI, 9 février 1901, p. 216.

par deux bandes de plomb repliées en zigzag, pendant qu'au fond repose une plaque de charbon reliée également à l'anode et qui constitue une électrode inattaquable. Une bande de plomb protégée de l'attaque par une couche de mastic au caoutchouc relie cette plaque de charbon au pôle positif. L'anode en plomb donne le chlorure de plomb (et par suite les ions de plomb bivalents) qui se transforme à l'anode de charbon en tétrachlorure (et par suite en ions tétravalents de plomb, par la décharge des ions-chlore). Comme solution anodique on emploie de l'acide chlorhydrique de densité 1,18. En circuit avec les anodes en plomb, on introduit une résistance réglable de façon à répartir l'intensité du courant par moitié dans les bandes de plomb et moitié dans la plaque de charbon. La densité de courant moyenne correspond pour les anodes en plomb à 0,6 à 0,8 ampère par décimètre carré (en comptant comme actives les deux faces des bandes) et, pour l'anode en charbon, à 4 ampères par décimètre carré (en comptant seulement la surface supérieure comme active). La température du bain doit toujours rester inférieure à 10° C., ce que l'on obtient par un refroidissement extérieur avec de la glace.

Par litre de liquide anodique on fait passer 20 à 25 ampères-heure et l'on obtient ainsi en acide H^2PbCl^6 un rendement en quantité de 70 à 80 pour 100.

Il n'est pas avantageux de pousser plus loin l'électrolyse, car alors le rendement s'abaisse fortement et des troubles surviennent, dus à l'attaque trop avancée des bandes de plomb. Pendant l'électrolyse il ne se dégage que peu de chlore et la solution anodique se colore en jaune orange. En vase fermé, la solution chlorhydrique de chlorure plombique se conserve indéfiniment. A l'air, la solution perd du chlore.

La détermination du chlorure plombique se fait très simplement en le précipitant à l'état de chlorure double $(C^9H^7AzH)^2PbCl^6$ à l'aide du chlorure de quinoléine.

Quelques sels de l'acide chloroplombique se préparent très facilement et sont très stables, tels sont les chloroplombates d'ammonium, de pyridine, de quinoléine. On les obtient sous forme de précipités cristallins en additionnant la solution chlorhydrique de chlorure plombique, des différents chlorures d'ammonium, de pyridine ou de quinoléine.

Ces sels doubles sont jaune citron à froid et jaune orange à chaud.

Ils peuvent être chauffés sans décomposition, pendant plusieurs heures, à 115° C. pour le sel d'ammonium, 68° C. pour celui de pyridine et 72° C. pour celui de quinoléine.

Ils sont peu solubles dans l'eau et leurs solutions se décomposent alors lentement à froid, rapidement à chaud, en dégageant du chlore. En additionnant d'une grande quantité d'eau la solution, il se précipite l'hydrate de peroxyde de plomb. Les solutions alcalines étendues séparent également le peroxyde de plomb.

Le sel d'ammonium a pour formule $(AzH^4)^2PbCl^6$; on le dissout sans décomposition dans l'acide chlorhydrique à 20 pour 100 (100^{cm^3} dissolvent environ $0^g,25$). Ses cristaux octaédriques sont isomorphes de ceux du chloroplatinate d'ammonium

$$(AzH^4)^2PtCl^6.$$

Le sel de pyridine $(C^5H^5AzH)^2PbCl^6$ est également isomorphe du chloroplatinate de pyridine. 100^{cm^3} d'acide chlorhydrique à 20 pour 100 dissolvent environ $0^g,2$ de chloroplombate de pyridine, à la température ordinaire.

Le sel de quinoléine $(C^9H^7AzH)^2PbCl^6$ est encore moins soluble dans l'acide chlorhydrique ($0^g,1$ seulement pour 100^{cm^3}).

2° *Acide bromhydrique comme électrolyte.* — Si l'on remplace dans les mêmes conditions que ci-dessus l'acide chlorhydrique par l'acide bromhydrique, on n'obtient pas de tétrabromure de plomb. En décomposant le chloroplombate de quinoléine avec du bromure de potassium, on obtient bien un sel rouge, mais qui, d'après les auteurs, ne doit pas être le bromoplombate de quinoléine $(C^9H^7AzH)^2PbBr^6$, mais $2C^9H^7AzHBr.PbBr^2.Br^2$ son isomère, car ce sel ne présente pas les actions oxydantes énergiques des combinaisons du plomb tétravalent.

3° *Acide iodhydrique comme électrolyte.* — On emploie ici de l'acide iodhydrique de densité 1,42; l'électrolyse ne peut être poussée très loin, car il se forme sur l'anode une épaisse couche d'iodure de plomb qui augmente fortement la résistance. La solution anodique brune donne avec l'iodhydrate de pyridine, en solution dans l'eau, un précipité cristallin vert gris, de formule $(C^5H^5AzH)^2PbI^6$. En solution iodhydrique, c'est le sel double $2C^5H^5AzHI.PbI^2$ que l'on obtient.

Avec l'iodhydrate de quinoléine, il faut opérer en solution iodhydrique pour obtenir des aiguilles vert brun correspondant à la formule

$$(C^9H^7AzH)^2PbI^6.$$

Cependant ses faibles actions oxydantes indiquent que l'on doit plutôt être en présence de l'isomère

$$C^9H^7AzHI^2.PbI^2.I^2.$$

4° *Acide chromique comme électrolyte.* — On utilise, dans ces essais, des solutions hydratées de

l'anhydride chromique pur, exempt d'acide sulfurique. On prend un vase en verre avec une lame de plomb demi-cylindrique comme anode; un vase poreux, renfermant une plaque de plomb comme cathode, sert de compartiment négatif. On maintient la température entre 15° C. et 20° C.

Si la solution est très étendue, 0,1 pour 100, l'anode se comporte comme une anode soluble et le chromate de plomb forme un nuage jaune qui tombe au fond. En maintenant la concentration, on obtient un rendement presque théorique en jaune de chrome.

Si l'on élève à 1 pour 100 la concentration de l'acide chromique, l'anode se recouvre d'un dépôt adhérent de chromate de plomb qui entrave bientôt le passage du courant. Avec une concentration de quelques centièmes, le courant passe difficilement à cause du jaune de chrome, mais pas plus difficilement que dans le cas précédent, et il se forme du peroxyde de plomb avec dégagement d'oxygène. Plus la concentration s'élève ensuite, plus la résistance opposée diminue, pendant que le peroxyde de plomb augmente aux dépens du jaune de chrome. A partir de 40 à 50 pour 100 comme concentration, la plaque de plomb fonctionne comme anode soluble, le dégagement d'oxygène diminue et, à côté du peroxyde de plomb, il se forme sur l'anode un dépôt rouge brun pendant que l'électrolyte s'enrichit en plomb et dégage lentement des bulles d'oxygène.

Ces phénomènes s'expliquent de la façon suivante : dans les solutions très étendues, il se forme du chromate de plomb; pour une dilution moindre il se produit en outre un bichromate, mais qui se décompose hydrolytiquement en séparant du peroxyde. La concentration s'élevant ensuite, la stabilité du sel plombique est favorisée et une quantité importante de celui-ci existe dans le liquide anodique qui dégage de l'oxygène dû à la décomposition de ce sel.

Les expériences suivantes confirment d'ailleurs cette manière de voir :

Si l'on électrolyse avec une densité de courant de 2 à 3 ampères par décimètre carré une solution d'acide chromique à 130 pour 100 (130^g Cr^2O^3 pour 100^{cm^3} de liquide anodique), l'anode de plomb se recouvre d'une couche brune qui dégage de l'oxygène fortement ozonisé. La résistance du bain est petite. En prenant après passage de 4 à 6 ampères-heure, sur les 200^{cm^3}, quelques centimètres cubes de la solution anodique rouge foncé, on remarque un dégagement important d'oxygène en agitant pendant qu'il se sépare un précipité rouge brun. En diluant la solution anodique avec de l'eau il se précipite du chromate de plomb, tandis qu'en versant cette solution dans l'eau froide on précipite du peroxyde de plomb. Le dépôt rouge brun se transforme par lavage à l'eau en un mélange renfermant beaucoup de chromate et peu de peroxyde de plomb pendant que l'eau dissout de l'acide chromique.

La solution anodique claire laisse déposer après plusieurs jours de repos un précipité cristallin rouge brun, tandis qu'il se produit un lent dégagement d'oxygène. Ce sel est le pyrochromate

$$PbCr^2O^7;$$

l'eau le décompose en chromate de plomb et acide chromique.

De la quantité d'oxygène dégagé par la solution anodique fraîche et du dépôt de pyrochromate on déduit pour le chromate plombique la formule $Pb(Cr^2O^7)^2$, la décomposition se faisant d'après l'équation

$$Pb(Cr^2O^7)^2 = PbCr^2O^7 + 2CrO^3 + O.$$

5° *Acide phosphorique comme électrolyte.* — On utilise l'appareil employé dans le cas précédent; on prend comme solution cathodique de l'acide phosphorique étendu et comme solution anodique de l'acide orthophosphorique pur de densité 1,75. Avec une densité de courant anodique de 1 ampère par décimètre carré, l'appareil étant refroidi par circulation d'eau, on réussit à produire un sel plombique de l'acide phosphorique. L'anode se recouvre d'une couche brune sous laquelle existe par places un dépôt de peroxyde de plomb. En même temps, le liquide anodique devient jaune, puis jaune brun, en s'enrichissant de plomb et en présentant des actions oxydantes énergiques. En additionnant d'eau, on obtient d'abord une solution jaune, claire, puis, en augmentant la dilution, il se précipite du peroxyde de plomb.

La solution anodique abandonnée plusieurs jours, au repos, laisse déposer un précipité jaune brun; la solution restante se décolore et perd ses propriétés oxydantes. Chauffée à 70° C., cette substance brune se transforme en phosphate monoplombique blanc $Pb(H^2PO^4)^4$, renfermant de petites quantités d'acide phosphorique.

Ce phosphate plombique acide est d'une stabilité remarquable; il supporte un échauffement modéré et un traitement par l'eau.

6° *Acide fluosilicique comme électrolyte.* — En électrolysant entre des électrodes en plomb, avec diaphragme, de l'acide fluosilicique de différentes concentrations, on n'obtient jamais à l'anode de dégagement gazeux ni de formation de peroxyde de plomb, pour des densités de courant anodique comprises entre 1 et 3 ampères par décimètre carré. Par l'emploi d'une solution concentrée ($d = 1,30$) un nuage blanc tombe de l'anode au fond de l'élément et la solution renferme peu de plomb. De

même pour les solutions étendues. Avec les solutions de concentrations moyennes, le plomb se dissout abondamment. Si l'on supprime le diaphragme, la formation du précipité blanc diminue, et il se dépose beaucoup de plomb métallique à la cathode.

Avec un électrolyte à 17 à 20 pour 100 d'acide fluosilicique et une densité de courant de 1 ampère par décimètre carré, l'anode se dissout sans formation de dépôt et le plomb se précipite presque quantitativement à la cathode. Jamais on n'observe la présence de plomb tétravalent en solution. L'emploi de deux anodes, comme dans la préparation du tétrachlorure de plomb, ne donne lieu qu'à un dégagement d'oxygène ozonisé sur l'anode inattaquable.

Le dépôt blanc obtenu avec diaphragme est le fluosilicate de plomb ordinaire $PbSiF^6 + 2H^2O$.

Un procédé de raffinage électrochimique du plomb employé en Amérique consiste à prendre, comme ci-dessus, une solution de fluosilicate de plomb comme électrolyte. Le succès de ce procédé provient de la facile solubilité du plomb à l'anode et de la bonne conductibilité de l'électrolyte.

L. JUMAU.

DIVERS.

Expériences sur un arc continu de 6500 volts, par J. DE KOWALSKI. Communication faite à la séance du 19 février 1904 de la Société française de Physique.

La Compagnie *L'Industrie électrique* ayant reçu de différents instituts scientifiques la commande de quatre machines de 25 000 volts et 1 ampère, M. Thury a autorisé l'auteur à faire des essais sur trois de ces machines mises en série. Le collecteur ayant 500 touches, les oscillations du potentiel ne dépassent pas 500 volts; les étincelles sont évitées par l'intercalation de condensateurs entre les touches successives. Dans les expériences, on avait ajouté aux bornes de l'excitateur un condensateur de 0,06 microfarad, construit par M. Moscicki, dans lequel la perte d'énergie, sous un voltage alternatif, ne dépasse pas 1 pour 100. Le diélectrique est un verre spécial, fourni par la maison Schott, d'Iéna, employé en tubes minces argentés à l'intérieur et à l'extérieur; l'expérience a montré que la rigidité diélectrique, sensiblement proportionnelle au potentiel pour les parties situées au centre d'un condensateur, devient proportionnelle au carré de ce potentiel quand le diélectrique touche les armatures; la même épaisseur ($0^{mm},3$) qui était perforée à 9000 volts, saute, dans le second cas, à 45000 volts.

En intercalant une grande résistance entre l'exploseur et le condensateur, on obtient une décharge oscillante excessivement brillante dont le fait suivant révèle l'intensité : en réglant la tension à 60 000 volts, sans arc, on peut obtenir entre deux boules reliées à un même point d'une armature, l'une par un fil court, l'autre par une boucle circulaire de 1^m de rayon, des étincelles de 8^{mm}. Avec un courant alternatif de 70 000 volts, on ne dépasse pas 2^{mm}.

La décharge peut se faire sous deux régimes : l'étincelle ou l'arc.

Le potentiel disruptif, mesuré par un voltmètre électromagnétique, varie comme il suit en fonction de la distance :

volts	cm	
5 000	0,118	141
30 000	1,40	71,2
45 000	3,75	39,8
60 000	6,9	28,9
65 000	8,2	27,1

La troisième colonne donne le quotient du potentiel, en unités électrostatiques, par la distance en centimètres; ce rapport semble tendre vers une valeur asymptotique. Les résultats sont d'accord avec ceux qu'a obtenus M. Heydweiller jusqu'à 30 000 volts, mais au delà et jusqu'à 58 000 volts, les potentiels mesurés par M. Heydweiller sont beaucoup plus faibles, ce qui doit tenir à l'ionisation de l'air de l'électromètre dont il se servait. Les expériences étaient faites en maintenant le potentiel constant pendant 5 ou 6 minutes et en approchant progressivement l'une des électrodes (boule) d'une plaque; les distances explosives se retrouvent à $0^{mm},002$ près.

Pour l'arc, la différence de potentiel est fonction linéaire de la longueur. On n'a pas observé ce que MM. Guye et Monasch ont appelé la *zone critique* pour l'arc jaillissant entre électrodes de métal pur (¹), mais on a retrouvé la *zone stable* et la *zone instable*. L'une est excessivement mince, sans auréole, rose comme la décharge dans les gaz raréfiés; la limite de stabilité dépend de l'intensité de courant et de la différence de potentiel aux bornes de la machine. Toutes les particularités observées sont d'accord avec l'idée de Starke que l'arc se produit quand la température superficielle de la cathode est suffisante pour qu'il y ait vaporisation.

C. R.

(¹) *Recherches sur l'arc alternatif de très faible intensité jaillissant entre électrodes métalliques.* (*L'Éclairage électrique*, février et avril 1903.)

Sur le fonctionnement des cohéreurs associés, par A. TURPAIN. Communication faite à la séance du 19 février, de la Société française de Physique).

Le problème de la prévision des orages, au moyen du cohéreur dont M. Turpain a eu l'occasion de s'occuper dès 1902 [1], demande pour être résolu complètement l'emploi de cohéreurs de sensibilités différentes. En effet, si l'on a, par exemple, quatre cohéreurs respectivement sensibles à des distances de 100, 200, 300 et 400^{km} du nuage orageux, le fonctionnement successif des quatre cohéreurs indiquera que l'orage se rapproche du lieu d'observation, tandis que si l'orage, après s'être approché, s'éloigne de ce lieu, les cohéreurs les plus sensibles sont seuls influencés. Or, dans les postes d'observation qui, comme celui installé par M. Turpain dans le domaine de Château-Pavie, près de Saint-Émilion, sont destinés à prévenir les viticulteurs de l'approche d'un orage et à leur permettre de prendre leurs dispositions en vue de se prémunir contre les chutes de grêle par le tir des canons ou fusées paragrêle, il importe de savoir aussi exactement que possible si l'orage se dirige directement sur le vignoble à protéger, ou s'il restera à une distance assez éloignée pour n'être pas à craindre.

Les premières recherches de M. Turpain ont porté sur des cohéreurs isolés à limaille métallique et dont l'écart entre électrodes était différent d'un cohéreur à l'autre ($\frac{8}{10}$ à $\frac{22}{10}$ de millimètre). Pour étudier leur sensibilité, chaque cohéreur était placé dans un circuit comprenant une résistance de 8000 ohms, un galvanomètre très sensible et une résistance de 3 ohms en dérivation sur un autre circuit contenant un élément de pile et une résistance totale de 200 ohms; le circuit du cohéreur portait une clef de contact permettant de le fermer ou de l'ouvrir à volonté; l'antenne était fixée à l'une des bornes du cohéreur; enfin les oscillations étaient produites par les étincelles d'un trembleur de sonnerie électrique. En mesurant la distance à laquelle le trembleur devait être approché de l'antenne pour produire la cohérence, M. Turpain a reconnu que la sensibilité des cohéreurs étudiés était, en général, dans l'ordre inverse des écarts de leurs électrodes, et que de plus cette sensibilité est beaucoup plus grande quand le cohéreur est en circuit fermé que lorsqu'il est maintenu en circuit ouvert au moment où les ondes électriques sont reçues par l'antenne; c'est ce qui résulte du Tableau suivant :

Cohéreurs.	Déviations galvanométriques.	Distances du cohéreur au trembleur. Circuit fermé.	Circuit ouvert.
		cm	cm
$\frac{8}{10}$	65	45	26
$\frac{9}{10}$	66	40	23
$\frac{10}{10}$	72	28	13
$\frac{14}{10}$	70	25	4
$\frac{16}{10}$	75	19	3

M. Turpain a ensuite étudié l'association de ces cohéreurs en dérivation. Dans ce cas, l'ordre de sensibilité est le même que précédemment si les cohéreurs sont tous en circuit ouvert au moment de l'arrivée des ondes sur l'antenne, mais il est différent si les six cohéreurs sont en circuit fermé [1]. D'ailleurs la sensibilité d'un cohéreur quelconque est encore plus grande en circuit fermé qu'en circuit ouvert.

L'étude des six cohéreurs associés en série a montré que la sensibilité de l'ensemble est à peu près la même en circuit ouvert ou en circuit fermé. Si au lieu d'une antenne à un seul conducteur on prend une antenne à quatre conducteurs, cette sensibilité est notablement augmentée quand ces conducteurs sont reliés à des points différents de la chaîne formée par les cohéreurs.

En étudiant l'association mixte, M. Turpain a reconnu que la sensibilité de l'ensemble dépend beaucoup du mode d'association, du nombre de conducteurs de l'antenne et de la façon dont ces conducteurs sont reliés aux cohéreurs. La sensibilité la plus grande que l'on puisse obtenir avec six cohéreurs donnés semble être celle de l'association consistant à réunir les cohéreurs deux à deux en série, chaque couple de cohéreurs formant une dérivation, et à prendre une antenne à trois conducteurs, chaque conducteur étant connecté au milieu de chaque dérivation.

M. Turpain se propose de décrire prochainement un appareil enregistreur de la marche des orages dans lequel il a utilisé les résultats précédents.

J. B.

[1] A. TURPAIN, *La prévision des orages* (*L'Écl. Élec.*, t. XXXII, p. 449-456, 27 septembre 1902).

[1] Pour reconnaître l'ordre de sensibilité, on cohère par une émission d'ondes produite à une distance telle qu'un seul ou deux des cohéreurs se trouvent cohérés. Ceci fait, on supprime le ou les deux cohéreurs cohérés et l'on cherche, par une nouvelle émission d'ondes produite à une distance plus faible, à provoquer la cohérence des cohéreurs restants. On obtient alors, en général, la cohérence d'un ou deux autres cohéreurs que l'on supprime et l'on cherche ensuite à cohérer ceux qui restent.

BREVETS D'INVENTION ([1]).

BF. Brevet français. — BP. Patente anglaise. — DRP. Patente allemande. — USAP. Patente des États-Unis.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

SIEMENS ET HALSKE. — Procédé pour maintenir la marche synchrone de moteurs. BF. 335641, 30 septembre 1903.

LINQUIST. — Perfectionnements aux électro-aimants. BF. 333802, 11 juillet 1903.

SIEMENS ET HALSKE. — Appareil électromagnétique. DRP. 147428, 28 août 1902.

HISS. — Ascenseur. USAP. 749193, 11 novembre 1903.

WRIGHT. — Dispositif de sûreté pour ascenseurs électriques. USAP. 749416, 9 mai 1903.

ALLGEMEINE ELECTRICITÆTS GESELLSCHAFT. — Pont. DRP. 147359, 27 février 1903.

OLSON. — Horloge électrique. USAP. 749495, 31 décembre 1902.

MC QUOWN. — Interrupteur pour horloges électriques. USAP. 748638, 26 septembre 1902.

DEY. — Cloche électrique. USAP. 749365, 15 août 1901.

BLEYNIE ET DUCOUSSO. — Aiguille de signaux de chemins de fer. USAP. 749253, 6 mars 1902.

DENIO. — Signal d'incendie. USAP. 749175, 14 mai 1903.

ELEK. G. v. KOLBEN ET Cº et PROCHASTA. — Block-signal électrique. DRP. 147904, 10 mai 1902.

EKBERG. — Dispositif d'avertisseur ou d'appel pour les sourds. BF. 335666, 1er octobre 1903.

FESSENDEN. — Signaux d'alarme. USAP. 748941, 10 décembre 1901.

HERMAN. — Signal. DRP. 147723, 24 septembre 1901.

HERZOG. — Appareil pour signaux électriques. USAP. 749191, 17 mai 1886.

MICHAEL. — Appareil pour signaux, USAP. 748970, 27 juin 1902.

SCOTT. — Signal électrique. USAP. 749105, 20 janvier 1903.

SEELEY. — Dispositif pour signaux électriques. USAP. 749633, 25 mai 1903.

STADELMANN. — Appareil pour signaux sur locomotives. USAP. 749711, 21 février 1903.

TAYLOR (William-F.). — Dispositifs divers pour signaux de chemins de fer et de tramways électriques. USAP. 748810 à 748815, 30 mars 1903.

WEATHERBY. — Block-système. USAP. 748824, 28 juillet 1902.

WENIGER. — Aiguillage électrique. USAP. 749597, 9 juin 1903.

WERNER. — Signaux pour chemin de fer. USAP. 749710, 12 décembre 1902.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

LIBBY. — Système téléphonique. USAP. 749306, 3 décembre 1902.

REDMON, HALL ET CONWAY. — Système téléphonique. USAP. 749225, 18 novembre 1902.

BENNETT (C.-F.). — Transmetteur téléphonique. USAP. 748690, 29 novembre 1901.

RANDALL. — Transmetteur téléphonique. USAP. 749448, 9 février 1903.

YAXLEY. — Transmetteur téléphonique. USAP. 748906, 13 avril 1901.

BARRE. — Microphone. BF. 334403, 31 juillet 1903.

LENSENSCHMIDT ET BIER. — Microphone. DRP. 147809, 16 février 1902.

HOLMSTROM. — Microtéléphone. DRP. 147906, 31 janvier 1903.

DOMMERQUE. — Téléphone. DRP. 147905, 1er novembre 1902.

WALLOCH. — Téléphone. DRP. 148236, 11 janvier 1903.

CAPELL. — Bague protectrice pour recouvrir le récepteur ou l'oreille, spécialement applicable aux appareils téléphoniques. BF. 333988, 20 juillet 1903.

LUNDQUIST ET NORSTROM. — Tableau téléphonique. USAP. 749308, 12 novembre 1900.

NORSTROM. — Tableau téléphonique. USAP. 748980, 16 mars 1901.

GALLY. — Translateur téléphonique. USAP. 749481, 18 avril 1903.

FLEMMING. — Commutateur pour téléphone. DRP. 142780, 30 août 1902.

DEISZ. — Bobine d'induction pour stations téléphoniques. BF. 333985, 20 juillet 1903.

DUCHATEL. — Dispositif pour les bureaux centraux téléphoniques. Cordon à fiche. BF. 334098 et 334099, 24 juillet 1903.

MAISON BREGUET. — Tableaux multiples pour bureaux centraux téléphoniques. BF. 335564, 26 septembre 1903.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES. — Organes d'appel des bureaux centraux téléphoniques. BF. 335552, 8 septembre 1903.

FRANÇOIS. — Avertisseur de durée des conversations téléphoniques. BF. 334097, 23 juillet 1903.

SOCIÉTÉ DE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE (GEORGES ABOILARD ET Cie). — Compteur enregistreur de communications téléphoniques. BF. 328103, 13 octobre 1902.

MADDOCK. — Accessoires pour appareils téléphoniques. BF. 335880, 13 octobre 1903.

([1]) Tous les brevets mentionnés ici ont été récemment déposés (en France) ou acceptés (à l'étranger). La date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

Les listes de brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur-conseil, en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier).

APPLICATIONS THERMIQUES.

Kitfield. — Chauffage électrique. USAP. 748749, 26 octobre 1903.

Kuch. — Appareil de chauffage. USAP. 749204, 7 novembre 1902.

Peacock. — Appareil de chauffage. USAP. 749628, 19 avril 1902.

Schoenberg et Edwards. — Appareil à chauffer l'eau par voie électrique. BF. 334426, 5 août 1903.

Ayer (J.-I.). — Fer à souder électrique. — Dispositif pour régler le courant fourni pour le chauffage d'un outil. — Outil chauffé électriquement. — Appareil producteur d'arcs pour le chauffage. USAP. 748571 à 748574, 13 novembre 1902, 1er, 15 et 22 juin 1903.

Bowen. — Fer à souder. USAP. 750239, 17 août 1903.

Contardo. — Four. USAP. 750733, 24 août 1900.

Cowles. — Four à résistance à carbure de calcium. USAP. 750093, 20 novembre 1902; 750092, 20 octobre 1903; 750170, 5 novembre 1902.

Keller. — Four électrique. DRP. 147582, 30 juillet 1901.

Le Roy, Stevens et Timmerman. — Four électrique. USAP. 749460 à 749462, 8 août, 29 et 30 octobre 1902.

Trollhattans Elektrista Krastaktiebolag. — Four électrique. DRP. 148129, 19 décembre 1901.

Thomson. — Allumeur pour becs à acétylène. USAP. 749409, 6 novembre 1902.

Best. — Allumage de lampes de mineurs. BP. 4618, 1903.

ÉCLAIRAGE.

Bardon. — Lampe à arc. BF. 335528, 23 septembre 1903.

Belden. — Lampe à arc. USAP. 748915, 28 avril 1902, 749016 à 749018, 17 avril 1901, 6 août 1900, 13 août 1900.

Carbone. — Lampe à arc. DRP. 147764, 17 déc. 1902.

Davison. — Lampe à arc. USAP. 749268, 8 mai 1903.

Deutsche Ges. fur Bremer-Licht mb. H. — Lampe à arc. DRP. 147360, 21 septembre 1901.

General Electric Company. — Lampe à arc en vase clos. BF. 335607, 29 septembre 1903.

Lewis. — Lampe à arc. BP. 4557, 1903.

Menfing. — Régulateur de lampe à arc. DRP. 149102, 18 décembre 1902.

Rignon. — Lampe à arc. DRP. 149217 et 149218, 13 juillet et 14 novembre 1902. USAP. 750894, 11 avril 1902.

Société française d'incandescence par le gaz, système Auer. — Mécanisme pour lampes électriques pour arcs longs. BF. 335777, 7 octobre 1903.

Schwerr et Wagner. — Lampe à arc. DRP. 149105, 16 décembre 1902.

Tiurnitof et von Resselrode. — Régulateur de lampe à arc. DRP. 149104, 13 décembre 1902.

Union Elect. Ges. — Lampe à arc. DRP. 149718, 10 septembre 1902.

Wirtz et Hamilton-Adams. — Lampe à arc. USAP. 748904, 4 février 1903.

Conradth Fabrik electrischer und galvanischer Kohlen. — Charbon pour lampes à arc. DRP. 147724, 28 mars 1903.

Siemens et C°. — Charbon à mèche. DRP. 148211, 5 mars 1903.

Société française d'incandescence par le gaz, système Auer. — Charbons minéralisés de lampes à arc. BF. 328180, 20 décembre 1902.

American Miniature et Decorative Lamp C°. — Lampe à incandescence. DRP. 147328, 4 avril 1903.

Compagnie d'électricité économique Martin Calavassy et Cie. — Perfectionnements aux lampes à incandescence. BF. 334000, 20 juillet 1903.

Fanta. — Lampe à incandescence. DRP. 147890, 3 février 1901.

Schneider. — Lampe à incandescence. DRP. 147907, 25 décembre 1902.

Bayerische Gluhfaden-fabrik Augsburg-Lechhausen' Georg Luedecke und C°. — Filament pour lampe à incandescence. BF. 334392, 4 août 1903.

Dezaris et Cie. — Appareil allumeur et extincteur des lampes à incandescence. BF. 335580, 26 septembre 1903.

Framburg. — Douille de lampe à incandescence. USAP. 748599, 9 avril 1903.

Jean de Bouchon. — Procédés et dispositifs pour la fixation des douilles ou des culots de lampes sur câbles ou fils. BF. 334180, 28 juillet 1903.

Kleber. — Monture sans pas de vis pour lampes à incandescence. BF. 334427, 1er juillet 1903.

Schofield. — Rhéostat-régulateur pour lampe à incandescence. USAP. 749795, 7 mai 1903.

Mathelat et Gentilhomme. — Allumeur-extincteur pour éclairage électrique. BF. 334149, 27 juillet 1903.

Andersen. — Support télescopique de lampe. USAP. 749138, 27 mars 1902.

Brenot frères. — Articulation pour support de lampes électriques et autres applications. BF. 334093, 23 juillet 1903.

Geisler. — Suspension extensible pour lampes. USAP. 748718, 5 octobre 1903.

Prested. — Lampe de mineur. USAP. 749500, 7 février 1903.

Edwards. — Lampe de mineur. BP. 10814, 1903.

Wood. — Lampe électrique à vapeur de mercure ou autres. BF. 335609, 29 septembre 1903.

MESURES.

Braun et Siemens und Halske. — Appareil de mesure. DRP. 149350, 4 avril 1903.

Chamberlain and Hookham, et Watts. — Instrument de mesure. BP. 143, 1903.

Groves. — Instrument de mesure. BP. 3572, 1903.

Robinson. — Instrument de mesure. USAP. 751015, 10 février 1902.

Hibbert. — Galvanomètre. BP. 15821, 1903.

Brown (C.-A.). — Wattmètre à courants alternatifs. USAP. 750938, 750939, 24 juillet et 19 novembre 1900.

Allgemeine Elektricitats Gesellschaft. — Compteur. BP. 7385, 1903.

Cox. — Compteur à demande maximum. USAP. 750948, 15 août 1902.



BIBLIOGRAPHIE (1).

Courant alternatif (Phénomènes fondamentaux et principales applications du), par R. SWYNGEDAUW, professeur-adjoint, chargé de l'enseignement électrotechnique à l'Université de Lille. Un vol. in-8 de 200 pages, avec 62 fig. et 3 pl. Vve Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe. Prix : broché, 5 fr.

Après avoir rappelé dans une courte introduction la définition des principales grandeurs mécaniques et les lois de la transformation de l'énergie, l'auteur reprend rapidement les définitions et les phénomènes fondamentaux relatifs aux courants continus.

Je ne puis qu'approuver sans réserve la méthode qu'il a suivie et que j'ai adoptée moi-même dans mon propre cours dès le début de mon enseignement : laissant de côté toutes les considérations électrostatiques, définir toutes les grandeurs électriques par l'ensemble des phénomènes réunis sous le nom de *courant électrique*, et évaluer immédiatement en unités pratiques ces diverses grandeurs.

Par contre, il me semble que dans l'exposé du sujet proprement dit du livre, le courant alternatif, la marche suivie par M. Swyngedauw n'est pas sans inconvénients.

Préoccupé de cette idée que les courants alternatifs usuels s'écartent plus ou moins de la forme sinusoïdale, M. Swyngedauw a voulu s'affranchir de cette condition particulière et supposer seulement que le courant est périodique. Or on ne peut pas pousser très loin l'étude d'un courant variable sans en connaître la forme. Ce qui paraît gagné en généralité est perdu en précision et il en résulte des lacunes fâcheuses. On est surpris de ne trouver nulle part de définition de la réactance, de l'impédance. Incontestablement un peu barbares, ces expressions n'en répondent pas moins à des propriétés très précises, avec lesquelles il convient de familiariser le lecteur. Car il est difficile d'ouvrir un ouvrage quelconque sur les courants alternatifs sans se heurter bientôt à ces termes. Le texte ne laisse aussi que soupçonner l'influence de la fréquence sur l'effet de la self-induction.

En résumé, il me semble qu'il est préférable au point de vue didactique de suivre la méthode classique, en étudiant tout d'abord les courants sinusoïdaux, qui prêtent à des lois et à des définitions précises. Il est toujours temps ensuite de voir comment les résultats doivent se modifier avec la forme des courants.

Ces réserves faites, je me fais un plaisir de reconnaître que dans l'ensemble le livre de M. Swyngedauw est rédigé d'une façon très claire et très logique. Assurément, il a demandé d'autant plus de travail et de réflexion personnels que la forme en est neuve : la lecture en est fort intéressante, mais plus peut-être pour ceux qui savent que pour ceux qui apprennent : c'est au fond le seul reproche que je lui ai fait. M. LAMOTTE.

Dictionary of electrical words, terms and phrases, par EDWIN J. HOUSTON. 4e édition. Un volume relié, in-8°, de 990 pages, avec 582 figures. — *Electrical World and Engineer*, publishers, 120, Liberty Street, New-York. — Prix : 7 dollars (35 francs).

Plus de 12000 définitions de termes ou phrases employées en Électricité ont trouvé place dans ce dictionnaire. Chaque définition est donc en général des plus concises, et il n'y a qu'un petit nombre de mots, comme *motor, telephone,* etc., auxquels l'auteur a consacré plusieurs colonnes de texte. Ce dictionnaire remplit par conséquent, pour l'électricien anglais, le rôle que les dictionnaires classiques, comme celui de Larive et Fleury, jouent auprès des écoliers français.

Un tel Ouvrage devait nécessairement rendre de grands services dans un pays tel que les États-Unis, où les applications de l'Électricité se sont développées avec tant de rapidité, et se sont en quelque sorte démocratisées. Aussi n'est-il pas surprenant d'en voir quatre éditions publiées à quelques années d'intervalle depuis 1889, date de la première édition.

A chacune des deux dernières éditions, l'Ouvrage a été complété par un Appendice où ont été donnés les définitions des termes nouvellement introduits dans la technique, ainsi que de ceux dont l'omission dans les précédentes éditions s'était fait sentir. Le premier de ces Appendices occupe une centaine de pages, le second en a 320. Ces Appendices offrent l'inconvénient de forcer le lecteur à chercher en trois endroits différents le mot dont il désire la signification ; mais cet inconvénient, nécessité par les difficultés matérielles que présente la refonte complète d'un dictionnaire, a relativement peu d'importance, et, tel qu'il est, le dictionnaire de M. Houston nous paraît devoir être de quelque utilité aux ingénieurs français qui sont forcés de lire les périodiques de langue anglaise.

J. BLONDIN.

L'état actuel de l'Électroculture par E. GUARINI. Une brochure, 24 pages. Ramlot, libraire, 25, rue Grétry, Bruxelles. Prix : 1 fr.

Dans cette étude, publiée l'an dernier dans la *Revue scientifique,* l'auteur fait connaître les essais tentés depuis quelques années en vue de hâter la germination des graines ou le développement au moyen de l'électricité. Malgré les nombreuses difficultés que soulève la discussion des résultats d'essais de ce genre, ces résultats paraissent encourageants. Ils méritent d'être connus des électriciens et l'auteur a fait œuvre utile en les rassemblant et les comparant.

J. B.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Troisième rail ou conducteur suspendu.

Dans les premières applications de l'électricité à la traction sur les chemins de fer (chemin de fer de Nantasket-Beach et de Long-Island, tunnel de Baltimore), l'alimentation des moteurs de traction s'effectuait par conducteurs aériens et trôlet, comme dans les installations de tramways. L'accroissement considérable qu'il eût fallu donner à la section des conducteurs pour leur permettre de supporter sans trop de perte les courants nécessaires à un service intensif, et la difficulté de suspendre de tels conducteurs au-dessus des voies, amena l'emploi du *troisième rail,* et cet emploi présentait, ou, du moins, paraissait présenter tant d'avantages que, non seulement les chemins de fer électriques les plus récents furent équipés avec troisième rail, mais encore que dans des installations anciennes, comme celle du tunnel de Baltimore, on remplaça le conducteur suspendu par un rail de prise de courant.

On semble aujourd'hui revenir sur cette appréciation optimiste des avantages du troisième rail. Ce procédé de transmission de l'énergie aux voitures est, en effet, une source de danger permanent pour le personnel obligé de parcourir les voies, et nombre d'accidents, dont quelques-uns mortels, en ont donné une preuve trop certaine. C'est également une source de risques de détérioration ou d'incendie pour le matériel et de risques de perturbations dans le service : un objet métallique tombant d'une voiture peut facilement produire un court-circuit entre le troisième rail et la voiture; la neige ou la pluie peuvent compromettre l'isolement du troisième rail, entraîner la cessation du service et même provoquer des commencements d'incendie comme on a eu récemment l'occasion de le constater sur la partie en viaduc du Métropolitain de Paris. Enfin, en cas de déraillement d'un train, aux risques d'incendie résultant d'un court-circuit provoqué par des débris métalliques viendraient s'ajouter les dangers d'électrocution des voyageurs affolés se sauvant sur les voies.

Aussi un courant d'opinion très prononcé se manifeste-t-il actuellement contre l'emploi du troisième rail. Aux États-Unis, les Commissaires des Chemins de fer de l'État de New-York ont déclaré récemment qu'ils n'autoriseraient pas le troisième rail pour les lignes interurbaines traversées par de grandes routes, et, récemment, un des ingénieurs les plus compétents en matière de traction, M. Westinghouse, déclarait qu'il était urgent de supprimer ce système de prise de courant sans même essayer de le rendre moins dangereux en le remplaçant par des systèmes à *rail sectionné,* dans lesquels une portion seulement du troisième rail, celle au-dessus de laquelle se trouve la voiture, est mise en communication avec les conducteurs d'alimentation.

« Le troisième rail, disait M. Westinghouse, sera toujours une source de danger pour ceux qui ont l'occasion d'en approcher.... Ce danger peut être atténué en divisant le troisième rail en sections et assurant à chaque section la fourniture de courant nécessaire à ses besoins; mais une pareille organisation ne fera que diminuer les risques. Tout danger peut être entièrement supprimé en recourant à l'emploi de conducteurs aériens. Les voies en viaduc se prêtent fort bien à cet emploi, et, d'ailleurs, il n'y a jamais eu de bonne raison de préférer le troisième rail au conducteur aérien. »

Les adversaires de l'emploi du conducteur aérien pourraient évidemment répondre que ce système n'est pas à l'abri de toute critique. Dans les parties de la voie en viaduc, le conducteur aérien produira un effet disgracieux; dans les parties en tunnel, son isolement sera compromis par la condensation de la vapeur d'eau sur les parois du tunnel; dans tous les cas, sa rupture et sa chute sur les voitures ou le personnel donneront lieu à des accidents semblables à ceux que l'on a trop fréquemment à enregistrer sur les lignes de tramways; enfin les vitesses considérables que l'on exige aujourd'hui des trains électriques s'accommoderont mal avec les conditions qu'exige une bonne prise de courant sur conducteurs aériens.

Sans méconnaître la valeur de ces critiques, M. Westinghouse ne pense pas qu'elle soit aussi importante qu'on l'avait cru généralement jusqu'ici et que quelques ingénieurs le croient encore. Il ne faudrait pas, en effet, dans l'application de la traction électrique aux chemins de fer, copier servilement ce qui se fait sur les lignes de tramways : aux installations légères adoptées sur celles-ci pour la suspension des conducteurs, il conviendrait de substituer des constructions robustes, étudiées de manière à ne pas offusquer l'esthétique et à assurer un bon isolement même dans les tunnels humides. Quant à l'objection relative aux difficultés de réaliser des vitesses considérables avec une prise de courant aérienne, les expériences récentes de Zossen, où des vitesses de 200 km. : h. ont été atteintes avec prises de courant par archets, montrent que ces difficultés ne sont pas insurmontables, surtout si, comme les nombreux essais entrepris actuellement paraissent en indiquer la possibilité, le courant continu à basse tension est remplacé par les courants alternatifs à haute tension pour la traction sur les chemins de fer.

Avec l'initiative et l'ardeur qu'apportent les Américains à la mise en pratique des idées qu'ils préconisent, attendons-nous à voir, dans un avenir prochain, de profondes modifications dans les procédés et systèmes de traction électrique sur les grandes voies.

Relais téléphonique Cooper-Hewitt à vapeur de mercure.

Les transmissions téléphoniques à longue distance seraient notablement facilitées si l'on possédait en téléphonie un appareil analogue au relais télégraphique, à tel point qu'une puissante compagnie téléphonique des États-Unis offrait, il y a quelques années, un prix d'un million de dollars, qui, d'ailleurs, ne paraît pas avoir été décerné, à l'inventeur d'un relais téléphonique.

D'après un brevet américain, délivré le 19 janvier 1904, M. Cooper Hewitt, l'inventeur des lampes à



arc à vapeur de mercure, aurait trouvé une solution de la question en utilisant la variation considérable de résistance électrique qu'éprouve un tube à vapeur de mercure sous l'influence d'un champ magnétique. Dans le circuit téléphonique primaire est inséré un solénoïde à noyau magnétique et, dans le voisinage ou à l'intérieur même du noyau, est placé un tube à vapeur de mercure en série sur le circuit téléphonique secondaire. Les variations d'intensité du courant téléphonique traversant le premier circuit sont reproduites, avec amplification, dans le second circuit.

Le procédé est intéressant et susceptible, d'ailleurs, d'autres applications; mais il nous paraît utile d'attendre la sanction de l'expérience avant de considérer la téléphonie à grande distance en possession du relais pratique qu'elle désire.

Calcium électrolytique.

Quoique l'électrolyse des hydrates alcalino-terreux ait été réalisée dès 1808 par Davy, qui découvrit ainsi le calcium, le baryum et le strontium, la préparation électrolytique de ces métaux présente des difficultés telles que jusqu'à ce jour ils étaient considérés comme des curiosités de laboratoire.

Dans ces dernières années plusieurs chimistes cherchèrent, en utilisant les résultats des belles recherches de Bunsen et Matthiessen sur l'électrolyse des sels halogènes alcalino-terreux (*Pogg. Ann.*, t. XCI, p. 619, 1854; *Liebig's Ann.*, t. XCIII, p. 277, 1855), à surmonter ces difficultés. Borchers, qui s'occupa spécialement de la question, construisit dans ce but plusieurs appareils et parvint à augmenter le rendement en métal de l'électrolyse des chlorures fondus de 1 à 20 pour 100 du rendement théorique.

Malgré cette augmentation considérable du rendement et malgré le vil prix des matières premières la préparation des métaux alcalino-terreux restait très onéreuse et, en particulier, le calcium valait 250fr environ le kilogramme, ce qui en rendait impossible l'application industrielle.

D'après une Note publiée dans *L'Industrie électrique* du 25 janvier, un nouveau procédé, imaginé par le professeur Borchers et un de ses élèves, Stœkem, permettrait de réduire ce prix à *cinq centimes* le kilogramme, soit dans la proportion de 5000 à 1; malheureusement la Note ne nous apprend rien sur ce procédé, si ce n'est qu'il « est analogue à celui qui sert à produire l'aluminium à l'aide de la bauxite, et présente même une plus grande simplicité, car il suffit de soumettre à l'électrolyse le chlorure de calcium qui fond à 800° C. environ ».

Si ce résultat est confirmé par l'application pratique du procédé, ce qui semble peu douteux vu l'autorité du professeur Borchers, le calcium ne peut manquer de trouver des débouchés industriels. Il conviendrait tout particulièrement pour certaines réductions de composés organiques qui demandent un métal bon marché ayant des propriétés réductrices moindres que celles du potassium ou du sodium, mais plus grandes que celles de l'aluminium, du magnésium ou du zinc. Il pourrait aussi remplacer dans les opérations métallurgiques l'aluminium que l'on emploie aujourd'hui pour débarrasser le fer du phosphore, du soufre et de l'oxygène; ce remplacement serait même avantageux, car bien que le fer contenant de l'aluminium soit préférable à celui qui contient les impuretés précédentes, il est inférieur au fer pur en ce qui concerne la résistance à la traction et aux chocs, tandis que la présence de traces de calcium dans le fer ne paraît avoir aucun effet nuisible sur les propriétés mécaniques du fer.

Attendons-nous donc à voir bientôt se développer une nouvelle industrie électrochimique.

Société française de Physique.

La séance du 19 février 1904 a été particulièrement intéressante. Quatre communications étaient inscrites à l'ordre du jour; une cinquième a été faite par M. de Kowalski, professeur à l'Université de Fribourg (Suisse), de passage à Paris.

M. ABRAHAM répète une expérience de M. DUCRETET *Sur la production spontanée des courants alternatifs de grande fréquence par le téléphone haut parleur*.

Un téléphone, un microphone et une batterie de quelques accumulateurs se trouvant en série; si l'on affronte les deux membranes, tout mouvement accidentel de l'une se transmet à l'autre par l'intermédiaire de l'air, détermine dans le circuit une onde électrique qui agit sur la première, laquelle envoie une nouvelle onde sonore, et ainsi de suite. Les deux membranes ne tardent pas à prendre, par résonance, un mouvement dont la période est réglée par le temps que met le son à aller, dans l'air, de l'une à l'autre. Ce son a l'intensité d'une forte voix humaine. Le courant interrompu qui traverse le circuit a la même fréquence, qui est de l'ordre de 500 par seconde. En le faisant passer dans le primaire d'un transformateur, on peut recueillir dans le secondaire une puissance notable, ainsi empruntée à la batterie, par suite de l'instabilité où se trouvent le téléphone et le microphone en présence l'un de l'autre.

M. J. DE KOWALSKI expose ses expériences *Sur un arc continu de 65000 volts*, puis M. BLONDIN fait connaître les résultats des recherches de M. TURPAIN *Sur les cohéreurs associés*. Les comptes rendus de ces deux communications sont donnés page 121 et page 122.

M. D'ARSONVAL fait ensuite *Sur les courants de haute fréquence* deux Communications qui seront analysées dans le prochain numéro.

Congrès national de la Propriété industrielle.

Ce Congrès, organisé par l'Association française pour la Protection de la Propriété industrielle, se tiendra, du lundi 7 au jeudi 10 mars, au Conservatoire des Arts et Métiers.

Après la séance d'ouverture (lundi à 9h30m du matin), présidée par M. Trouillot, Ministre du Commerce et de l'Industrie, aura lieu la visite de l'Office national de la Propriété industrielle.

Les séances ultérieures (le matin à 9h30m et le soir à 2h) seront consacrées à la discussion de Rapports sur les Brevets d'invention, les Secrets de fabrique, les Dessins et Modèles, etc.

Le tricentenaire de Gilbert.

Le trois centième anniversaire de la mort de Gilbert (10 décembre 1603) a été célébré avec un certain éclat par les Sociétés savantes de Londres. A cette occasion, un tableau de Ackland Hunt, représentant Gilbert devant la reine Elisabeth, a été offert par souscription à Colchester, ville natale de l'illustre médecin de la cour. Des délégués de la municipalité de Colchester furent conviés à la séance du 10 décembre de l'Institution of Electrical Engineers, où le tableau leur fut remis solennellement après une série de discours rappelant l'œuvre de l'éminent Président du Royal College of Physicians, dont les découvertes ont été le point de départ d'une Science si nouvelle dans l'histoire de l'humanité et déjà si féconde.

Comme l'a rappelé, dans cette circonstance, le Dr Silvanus P. Thompson, Gilbert n'a pas eu seulement le mérite de jeter les premières bases de la Science électrique, mais il fut le premier à émettre l'hypothèse du magnétisme terrestre; et l'astronomie lui doit beaucoup. L'*Electrician* a publié à cette occasion des extraits du fameux Ouvrage de Gilbert, *De Magnete,* auquel il consacra 10 années de travail, alors qu'il enseignait au Saint John's College, de Cambridge. L'original en a été conservé et a été présenté à l'Institution of Electrical Engineers. Bien que Gilbert puisse être regardé comme le promoteur de la méthode expérimentale en matière scientifique, il tomba dans plusieurs erreurs assez singulières. Ainsi, il nia le principe de l'action et de la réaction en électricité, en soutenant que la force attractive entre l'électricité et les corps attirés ne s'exerçait que dans un sens, alors cependant qu'il admettait la mutualité des forces attractives entre les aimants et le fer. Il mérite néanmoins le titre de « Père de l'Électricité » que lui ont octroyé ses compatriotes; et si Priestley a pu dire en 1767 que « Gilbert avait laissé sa fille dans la plus tendre enfance », il est vrai que l'enfant a singulièrement grandi aujourd'hui et que ce n'est pas un mince titre de gloire de pouvoir en revendiquer la paternité.

P.-L. C.

Informations diverses.

Télégraphie sans fil. — D'après *The Electrical World and Engineer*, des communications par télégraphie sans fil sont régulièrement échangées entre la station canadienne de Glace-Bay et la station américaine de South Wellflett, séparées par plus de 800 miles (1300^{km} environ) de terre et d'Océan. Les essais de communications interocéaniques entre Glace Bay et Poldhu seront repris dès que M. Marconi aura terminé l'installation de Gibraltar, à laquelle le Gouvernement anglais attache la plus grande importance, et celle de Pise qui doit permettre la communication entre l'Italie et la République Argentine (6200 miles, soit 10000^{km} environ). Le gouvernement canadien se propose d'ériger plusieurs stations sur les côtes du golfe de Saint-Laurent, à l'île du Sable et à la Nouvelle Écosse, afin de permettre aux nombreux navires qui fréquentent ces parages de se mettre en communication avec la terre.

Traction. — A la suite des essais de Zossen où, comme l'on sait, on a atteint des vitesses de 200 km : h., il a été décidé qu'une ligne à traction électrique à grande vitesse serait établie entre Berlin et Hambourg. Deux projets viennent d'être soumis au gouvernement allemand. Ces deux projets sont assez peu différents; tous deux proposent l'érection d'une usine génératrice unique à Wittenberg.

Éclairage. — A Châteauneuf-de-Grasse (Alpes-Maritimes) la concession de l'éclairage électrique de cette commune a été accordée à l'Énergie électrique du littoral méditerranéen. Le nouvel éclairage fonctionnera dans quelques mois.

— A Gemenos (Bouches-du-Rhône) la Société lyonnaise d'applications électriques vient d'installer une petite usine hydroélectrique, située à 3300^{m} de la localité et comprenant un groupe électrogène d'une puissance de 13 kilowatts à 2000 volts. Pour la distribution la tension est abaissée à 110 volts. L'éclairage public est payé 22^{fr} la lampe-arc de 10 bougies et 30^{fr} la lampe-arc de 16 bougies. L'éclairage privé est payé soit à forfait, soit au compteur.

— A Ussel (Corrèze) la concession de l'éclairage électrique a été récemment accordée à M. P. Mazaud.

— Des installations d'éclairage sont en projet à Boen-sur-Lignon (Loire), Bourges (Cher), Cancale (Ille-et-Vilaine), Collioure (Pyrénées-Orientales), Eu (Seine-Inférieure), Fontainebleau (Seine-et-Marne), Gournay-en-Braye (Seine-Inférieure), Serrigny (Côte-d'Or).

Sociétés nouvelles. — Société anonyme des accumulateurs Schmitt, 10, rue Fournier, à Clichy. Capital 1105000^{fr}. Durée 60 ans. Acte du 29 octobre 1903.

— Société générale du gaz, d'eau et d'électricité (Société en commandite par actions Besse, Chabalier et Cie), Valence (Drôme). Capital 1000000^{fr} constituée le 23 décembre 1903.

— Société d'éclairage électrique du Sud-Est, 60, rue de Provence, à Paris. Capital 200000^{fr}. Constituée le 24 décembre 1903.

— Société aixoise d'électricité, 35, chemin de Vauvenargues, à Aix-en-Provence, Capital 850000^{fr}. Constituée le 4 janvier 1904.

Adjudications. — L'administration des Postes et Télégraphes de Russie demande des soumissions pour la construction d'une ligne téléphonique entre Odessa et Kiew; la dépense est évaluée à 50000 roubles.

— La Direccion general de Obras Publicas, de Madrid, demande avant le 21 mars des soumissions pour la construction et l'exploitation d'un réseau de tramways à Séville.

— Le Ministerio de Obras Publicas, de Madrid, demande, avant le 23 mars, des soumissions pour la construction d'un tramway électrique entre San Cristobal de la Laguna et Tacoronte, aux îles Canaries.

— La municipalité de Punta Arenas (Chili) demande, avant le 28 juin, des soumissions pour l'éclairage électrique de la ville.

— La municipalité de Retz (Autriche) demande, avant le 20 mars, les soumissions pour l'établissement d'une station centrale d'éclairage

Tome I. — N° 5. 15 mars 1904.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, CHARPENTIER, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, GUILBERT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN, PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

SOMMAIRE.

I. **Article :** Ligne de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure, par M. LETHEULE, p. 129.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 142; Transmission et Distribution, p. 144; Moteurs électriques, p. 145; Mesures, p. 148; Electrochimie, p. 151; Divers, p. 152.

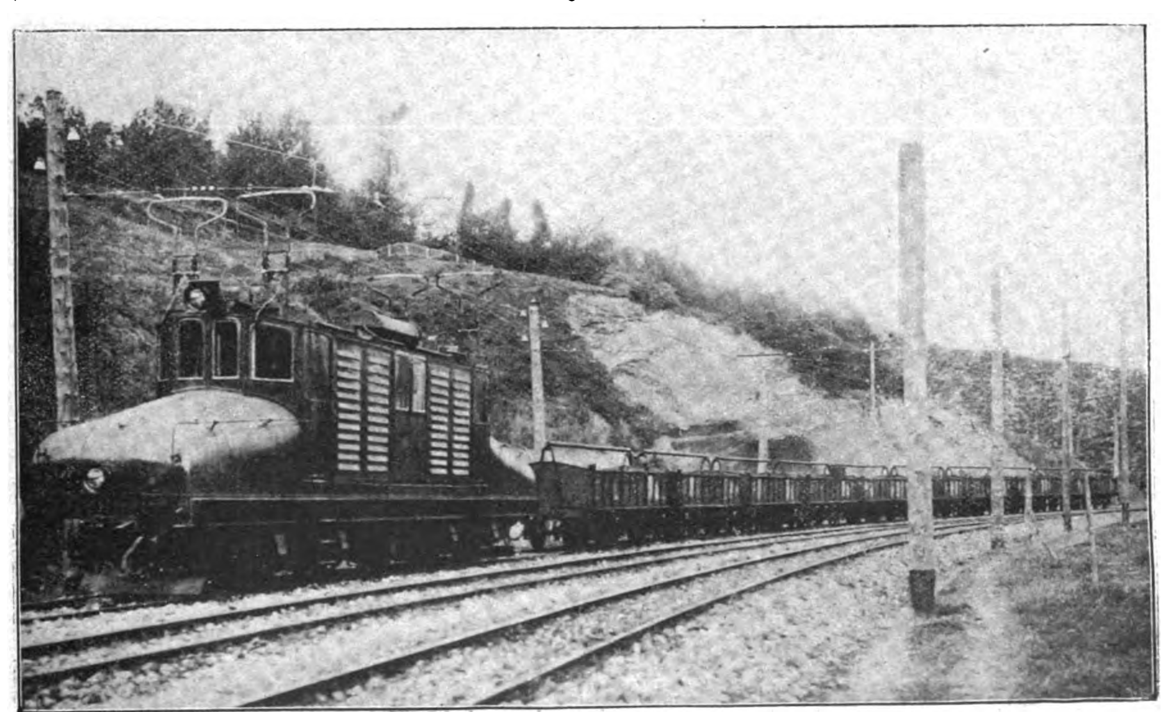
III. **Brevets d'invention,** p. 155. — IV. **Bibliographie,** p. 157. — V. **Variétés et informations,** p. 158.

LIGNE DE SAINT-GEORGES-DE-COMMIERS A LA MURE (1).

Dans la région de la *Houille-Blanche,* l'État français exploite, avec le concours du personnel de la Compagnie P.-L.-M., une ligne à voie unique, d'une longueur de 31^{km} au gabarit de 1^{m}, reliant Saint-Georges-de-Commiers à la Mure.

Partant de Saint-Georges-de-Commiers, loca-

Fig. 1.



Locomotive électrique de la ligne de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure.

(1) Article communiqué par l'Association amicale des Ingénieurs-Électriciens.

lité située sur le Drac, à 5^{km} en amont du confluent de la Romanche, la ligne remonte le cours du Drac, et serpente sur la rive droite de ce torrent qu'elle suit sur une longueur d'environ 15^{km}; puis, presque au droit de l'usine électrique du pont d'Avignonnet, elle fait un coude et se dirige vers l'est en passant par la Motte-les-Bains, localité située à 16^{km} environ de son origine, la Motte-d'Aveillans, séparée de la Motte-les-Bains par une distance à vol d'oiseau d'environ $2^{km},500$, et par une longueur sinueuse de ligne de plus de $6^{km},500$; enfin, après de nombreuses sinuosités, la ligne

Fig. 2.

Tracé de la ligne.

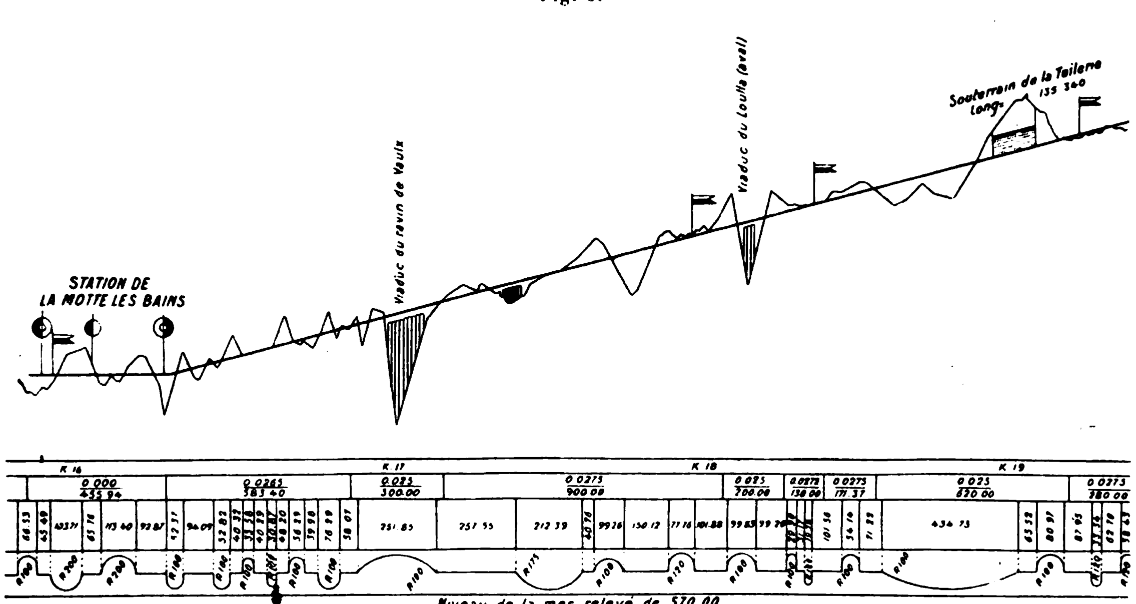
s'infléchit vers le sud pour venir à la Mure, centre d'exploitation d'un bassin de charbon très riche et très actif.

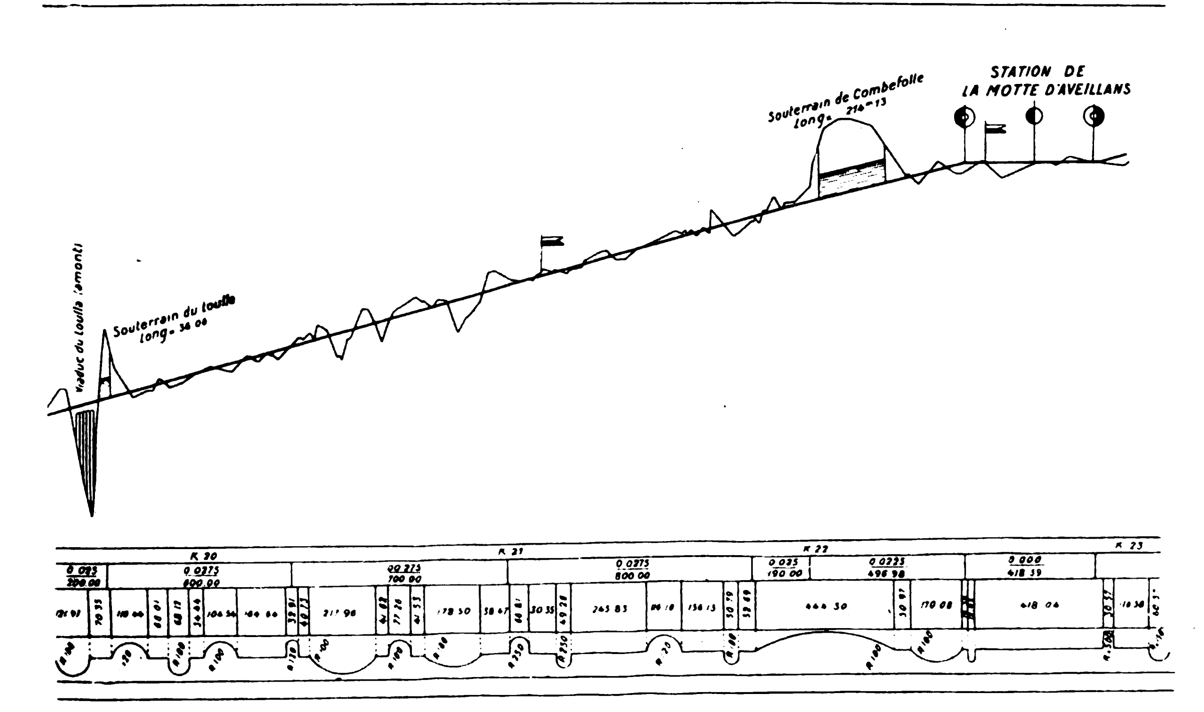
L'État a mis en service une locomotive électrique (*fig.* 1) sur la section de la ligne située entre la Motte-les-Bains et la Motte-d'Aveillans, pour expérimenter l'exploitation électrique qu'il avait en vue d'appliquer à la ligne tout entière.



Le tracé de cette section est représenté par la figure 2 qui en indique à la fois le développement et le mode d'alimentation; la figure 3 en donne le profil en long.

Fig. 3.





Profil en long de la ligne.

La ligne Saint-Georges-de-Commiers à la Mure a un caractère très accidenté sur les 25 premiers kilomètres; elle présente une rampe continue de $27^{mm},5$ par mètre, interrompue seulement par les

paliers des trois stations. Le tracé en est très sinueux sur les $\frac{2}{3}$ environ du parcours, et le rayon minimum des courbes est de 100^m.

On voit par le graphique des trains (*fig.* 4) qu'avec un service continu de 4^h du matin à 9^h du soir, on ne peut pas avoir plus de dix-sept trains dans chaque sens; ces trains se croisent à Saint-Georges-de-Commiers km. 0, à Notre-Dame-de-

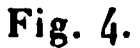
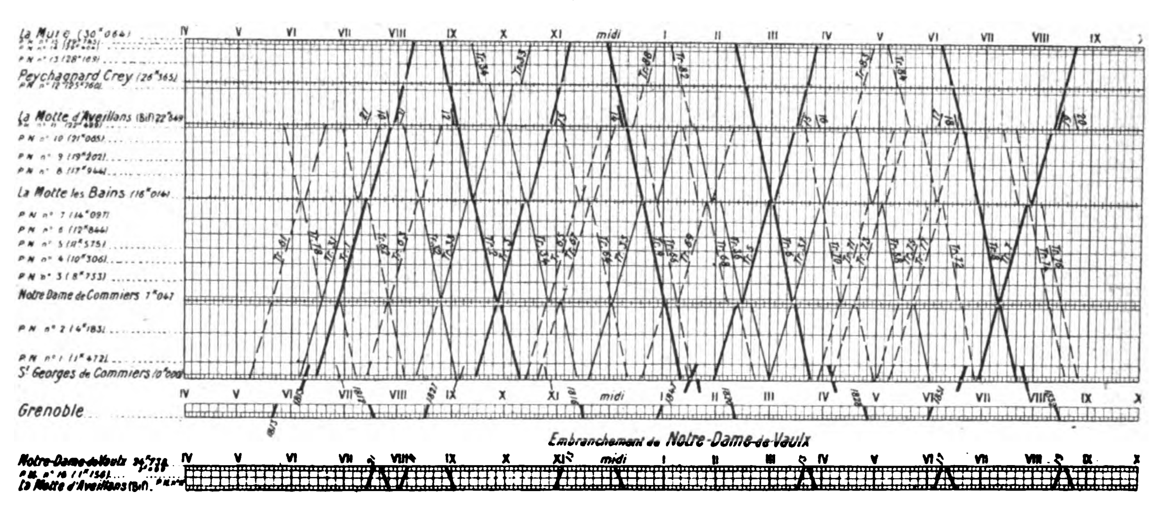


Fig. 4.



Graphique de la marche des trains.

Commiers km. 5, à la Motte-les-Bains km. 16, à la Motte-d'Aveillans km. 22,6, gares offrant les évitements nécessaires pour le croisement des trains à la montée et à la descente.

On pourrait recourir, pour augmenter l'intensité du trafic, soit à des *trains plus nombreux*, soit à des *trains plus lourds ou plus rapides;* mais des trains plus nombreux nécessiteraient l'installation de gares d'évitement nouvelles; tous les ingénieurs de l'État ont jugé que la disposition des lieux et les déclivités du profil en long rendent cette solution inadmissible.

Quant à la solution qui consisterait à accélérer les trains ou à en augmenter le poids, on n'y peut pas songer si les tracteurs n'ont pas une réserve de puissance suffisante; or, les locomotives employées sont des locomotives tenders à vapeur, à trois essieux-moteurs et à un essieu avant-porteur, toutes du même type et se divisant en deux catégories au point de vue de la puissance : *a*. Les n°s 1 à 10 ont un poids total de 37 tonnes en ordre de marche et développent une puissance de 225 chevaux; *b*. Les n°s 11 et 12 pèsent 41 tonnes et développent une puissance de 275 chevaux.

Il a été jugé impossible de construire, pour cette ligne à voie étroite, une locomotive à vapeur plus puissante, de sorte que le tonnage des trains demeure limité au poids maximum jusqu'ici adopté pour les deux types de locomotives : les premières peuvent remorquer, à la montée, dix wagons houillers vides au plus; le second type peut en remorquer quatorze.

Dans ces conditions le trafic est limité, pour un service de toute la journée, à un tonnage que les rapports mis sous nos yeux n'indiquent pas, mais qui correspond, d'après ces rapports, à une recette kilométrique de 35000^{fr} à 40000^{fr} par kilomètre.

Toute l'étendue de la ligne n'est pas soumise au même trafic, car la formation des trains de charbon se fait à la Motte-d'Aveillans, et leur transport est surtout intense entre la Motte-d'Aveillans et Saint-Georges-de-Commiers. Plus des $\frac{2}{3}$ de la recette totale proviennent, en somme, du transport des anthracites du bassin de la Mure, somme importante puisque cette recette totale a atteint, en 1902, le chiffre de 912000^{fr}. Le produit net en a été de 417000^{fr}, correspondant à un coefficient d'exploitation de 54 pour 100.

La limite de trafic que nous venons d'indiquer paraissait déjà imminente en 1900; on s'explique, dès lors, les projets faits pour l'exploitation élec-

trique de la ligne, projets qui sont justifiés encore par les raisons subsidiaires ci-dessous (1) que nous reproduisons d'après une notice publiée par l'Ingénieur en chef du département de l'Isère, M. Rivoire-Vicat. C'est sous l'empire de ces circonstances qu'il a été décidé d'entreprendre, avec une seule locomotive électrique mise en service régulier pendant 2 ans entre les deux gares de la Motte-les-Bains et de la Motte-d'Aveillans, un essai qui permît de faire un choix entre les divers systèmes en présence, de contrôler les rendements et les dépenses, et, surtout, de mettre au point les divers organes nouveaux qu'exige un tracteur puissant pour ligne à voie étroite et à fortes déclivités.

La transformation totale envisagée n'a pas été encore réalisée, mais elle le sera si les résultats obtenus sur la section déjà transformée paraissent en justifier les dépenses.

Nous n'indiquerons pas en détail le programme de la transformation totale projetée par les ingénieurs chargés de l'exploitation de la ligne, et soumis à différents constructeurs. Le problème proposé peut se résumer comme suit :

Établir une locomotive électrique, à adhérence simple et totale, de 40 tonnes environ, à quatre essieux-moteurs, répartis en deux bogies, d'une puissance totale de 500 chevaux, *capable de remorquer, et, au besoin, de démarrer :* à la montée, sur rampe continue de $27^{mm},5$ par mètre et à la vitesse de régime de 22^{km} à 23^{km} à l'heure, des trains de vingt wagons houillers d'un poids brut de 110 tonnes; à la descente, sous l'action du freinage électrique de la locomotive et du frein à vide continu, automatique et modérable dont sont armés tous les véhicules, le même train de vingt wagons à pleine charge d'un poids brut de 300 tonnes.

Quant au système adopté sur la section de ligne en essai, l'administration du chemin de fer en explique le choix par les avantages qu'il présentait au point de vue des dépenses de premier établissement et des consommations garanties. Ces conditions l'ont déterminée à accepter les propositions (1) faites conjointement et solidairement

(1) En 1900, date de la plus récente crise des charbons, le prix des agglomérés de houille de premier choix qu'exige le chauffage des locomotives atteignait 44^{fr} la tonne en gare de Saint-Georges-de-Commiers. La dépense annuelle, de ce chef, s'élevait à 165000^{fr}.

D'autre part, la majoration du prix des métaux portait à 80000^{fr} environ les dépenses annuelles d'entretien et de grosses réparations des locomotives à vapeur.

Les dépenses du Chapitre *Matériel et Traction* atteignaient 59 pour 100 du total des frais d'exploitation.

Inversement, la crise de l'industrie hydroélectrique et l'existence, dans la région, de plusieurs usines génératrices, permettaient au chemin de fer de se procurer de l'énergie dans des conditions avantageuses.

Enfin, tous les ingénieurs électriciens affirmaient qu'il était possible de construire, même pour la voie étroite, des locomotives électriques d'une puissance bien supérieure à celle des locomotives à vapeur.

(1) Ces propositions peuvent, dans leurs grandes lignes, se résumer comme suit :

1° L'emploi du courant continu à haute tension.

2° L'établissement d'une ligne aérienne de travail à deux fils en cuivre de haute conductibilité, à section en forme de 8, présentant chacun 114^{mm^2} de section, suspendus sur fils transversaux et soigneusement isolés du sol, et, entre eux, par trois isolateurs en cascade.

3° L'éclissage de la voie ferrée avec fils en cuivre ronds de 8^{mm} de diamètre.

4° La distribution du courant par le système dit *à trois fils*, avec tension de 2400 volts entre les fils extrêmes, soit 1200 volts entre chaque fil de contact et le rail constituant le fil neutre.

5° La prise de courant par quatre archets (deux par pont) du genre Siemens.

6° L'emploi de quatre moteurs de 125 chevaux chacun (deux par pont) excités en série, travaillant en permanence en série, sous la tension de 600 volts chacun et 175 ampères, avec communication à la terre entre le deuxième et le troisième moteur, pour limiter à 1200 volts la tension maxima entre les enroulements et la masse.

7° L'installation, à chaque extrémité de la cabine, d'un poste de manœuvre comprenant :

- Deux rhéostats de démarrage combinés de manière à subdiviser le passage du zéro au direct en quatre-vingt-seize sections;
- Un coupleur permettant la marche avant et arrière comme aussi le freinage avant et arrière;
- Un interrupteur coupe-étincelles automatique;
- Une manivelle du frein à vis actionnant seize sabots;
- Un appareil de mise en marche de la pompe du frein à vide et du réglage de la valve;
- Une pédale commandant la boite à sable;
- Une petite manivelle commandant les vannes d'arrosage des bandages des roues de la locomotive;
- Les voltmètres, ampèremètres et manomètres nécessaires pour contrôler la marche.

Les contrôleurs de mise en marche et les coupleurs des deux postes sont conjugués mécaniquement et commandés synchroniquement et à volonté de l'avant ou de l'arrière de la cabine.

8° L'établissement, dans la cabine, de résistances permettant d'absorber, à la descente, le courant produit par le freinage électrique de la locomotive, les moteurs travaillant en génératrices. Ces résistances sont calcu-

par la Compagnie générale de Construction de Saint-Denis et la Compagnie de l'Industrie électrique (Brevets Thury.)

Le mode de distribution et de traction ainsi adopté convient particulièrement à la section de ligne transformée, et les points les plus éloignés ne sont pas encore trop distants de l'usine génératrice, puisqu'on a fait choix de l'usine d'Avignonnet, mais la distance de distribution serait plus que triplée si l'on proposait l'adoption du même système jusqu'à Saint-Georges-de-Commiers. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la carte pour s'en rendre compte.

Caractéristiques et avantages du système. — Pour compléter l'étude des caractères généraux de la solution adoptée et les considérations qui en ont dicté le choix, nous résumerons ci-après ses caractéristiques et les avantages revendiqués en sa faveur. La principale caractéristique du système est l'utilisation du courant continu à haute tension, soit 2400 volts, au lieu de 600 habituellement adoptés. Il en résulte que le débit absorbé n'est plus que le quart (175 ampères au lieu de 700) de celui qu'exigerait la tension usuelle, ce qui permet, pour la ligne aérienne, l'emploi de simples fils de trôlet, d'une section et d'un poids relativement faibles.

L'avantage capital, celui qui a contribué le plus à fixer le choix de l'Administration, est la possibilité, grâce au voisinage de l'usine génératrice, de supprimer tout poste de transformation, même dans l'éventualité de l'application de la traction électrique à toute la ligne.

Pour rendre sans danger et sans inconvénient l'emploi de cette tension élevée, les dispositions suivantes ont été adoptées :

1° Isolements, soit des fils de la ligne entre eux et à la terre, soit des divers organes de la locomotive, particulièrement soignés et en rapport avec la tension ;

2° Tension totale de 2400 volts entre les fils extrêmes, partagés en deux ponts de 1200 volts, de manière à limiter à ces chiffres la différence de potentiel maxima pouvant exister entre un point quelconque du circuit et le sol, l'expérience ayant démontré que ce dernier voltage, sans être absolument inoffensif, est cependant beaucoup moins dangereux, par exemple, que celui de 500 volts en courant alternatif ;

3° L'installation des appareils de manœuvre de manière que chacun d'eux n'agisse que sur un seul pont et à ce qu'il n'existe, par conséquent, dans toute leur construction, pas de pièces entre lesquelles règne une tension supérieure à 1200 volts ;

4° Dispositions pour qu'aucune coupure de courant ne soit faite à l'air à l'intérieur des rhéostats de mise en marche, la rupture se faisant automatiquement dans un interrupteur hermétique à huile ;

5° Isolement très soigné des moteurs qui sont calculés assez largement pour supporter facilement les effets du patinage.

Les avantages secondaires du système sont :

1° La simplicité de l'installation du groupe générateur, qui ne comprend comme appareillage qu'un disjoncteur automatique, un interrupteur, un ampèremètre et un voltmètre par pont ;

2° La transmission directe aux moteurs sans perte appréciable, sans transformation, avec un rendement très avantageux, facile à calculer et à garantir ;

3° Suppression de toute perte par le rail de roulement qui est franchement neutre, et suppression complète des effets secondaires des courants à la terre ;

4° Réduction, grâce à la haute tension, de la section des fils de travail et des feeders, qui permet, à section égale et à perte égale, de quadrupler la distance de transport par rapport à celle qu'on pourrait admettre avec la tension de 600 volts ;

5° Souplesse extrême des moteurs-série, possibilité de démarrer dans les plus dures conditions, sans dépense d'énergie exagérée, torque indépendant des variations du voltage et des pertes en ligne ;

Toutefois, la tension employée à la Mure est

---

lées assez largement pour assurer le freinage continu d'un poids de 150 tonnes, c'est-à-dire pour utiliser le poids adhérent de la locomotive. Elles permettent de freiner à toutes allures comprises entre 2^{km} et 28^{km}.

9° L'installation d'un petit moteur série, à 1200 volts, de 4 chevaux environ, actionnant une pompe rotative à vide.

10° Un parafoudre, un déclencheur automatique, et un coupe-circuit fusible par pont.

11° L'appareillage électrique de la lumière et du moteur du frein à vide, permettant de fonctionner à volonté, les archets levés à la montée, les archets baissés à la descente, en empruntant, dans ce dernier cas, le courant aux moteurs pendant le freinage électrique.



double et, au lieu d'un moteur par pont, deux moteurs sont disposés en série sur chaque pont du réseau, ce qui, en cas de glissement des roues, ou d'accident survenant dans l'un des moteurs, reporterait sur l'autre la totalité ou la plus grande partie de la tension du pont correspondant. Aussi les moteurs sont-ils très largement calculés, comme nous l'indiquerons dans la suite, après avoir examiné les dispositions qui caractérisent l'usine génératrice, les lignes et la locomotive.

Description de l'installation. — LIGNES D'ALIMENTATION A 2400 VOLTS. — La ligne d'amenée de courant est composée de trois fils de 9^{mm} de diamètre, et montée, à partir de l'usine d'Avignonnet, sur les mêmes poteaux que les lignes à 25000 volts qui sortent de cette usine. Elle rejoint la ligne de chemin de fer au tunnel de Gravaison, suit la voie jusqu'au viaduc de Notre-Dame-des-Vaulx (*fig.* 1 et 2), revient alors sur les poteaux de la ligne triphasée, et gagne la station de la Motte-d'Aveillans, en partant de la cabine de jonction voisine du kilomètre 17, pour aboutir au point kilométrique 21-,5, et éviter l'un des lacets les plus longs de la ligne.

La ligne d'alimentation que nous venons de décrire a été établie par la Société l'Industrie électrique de Genève.

Les conducteurs alimentant les locomotives ont été établis par l'Administration du chemin de fer : un des conducteurs est constitué par les rails convenablement éclissés, les deux autres sont aériens, disposés au-dessus de la voie, et constitués par des fils de cuivre en forme de 8.

La suspension de ces fils est faite par des fils transversaux attachés à des poteaux très rapprochés, qui sont, tantôt des poteaux spécialement disposés dans ce but, tantôt les poteaux mêmes de la ligne d'alimentation, quand celle-ci suit la voie.

Les aiguilles présentent des difficultés particulières; on les a résolues comme on a l'habitude de le faire dans les lignes à traction triphasée, mais en encadrant toutefois le croisement avec l'aiguille aérienne par quatre poteaux solides et beaucoup plus rapprochés du centre de cette aiguille.

De chaque côté du croisement les deux fils d'amenée sont interrompus, on leur a substitué une section isolante sur laquelle les archets de prise de courant peuvent glisser sans solution de continuité mécanique appréciable. Pour aussi maintenir continue l'alimentation de la locomotive par courant électrique, on a muni cette locomotive de deux groupes d'archets dont la longueur dépasse l'étendue du croisement, de telle sorte que les archets d'arrière sont en contact avec la ligne quand cesse le contact des archets d'avant, et que ceux-ci prennent contact avant la rupture du courant aux archets d'arrière.

Sur les fils transversaux qui supportent les conducteurs d'alimentation de la locomotive sont insérés, en vue du bon isolement des fils longitudinaux, trois isolateurs en cascade.

La figure 2 indique au kilomètre 18 et au kilomètre 21 des jonctions établies entre les lignes de part et d'autre des lacets les plus développés, pour alimenter plus directement les conducteurs et maintenir mieux la tension.

Ces distributeurs, de même que la ligne partant de l'usine, sont montés sur poteaux en bois et sur isolateurs résistant à 15000 volts, isolateurs analogues à ceux qui sont employés à l'installation de la Kander pour les services électriques de la Ville de Berne.

MACHINES GÉNÉRATRICES. — L'alimentation de la ligne est assurée, ainsi que nous l'avons dit plus haut, par l'usine d'Avignonnet, située à peu de distance sur le Drac.

Mais cette usine est, ainsi qu'on le sait, destinée à distribuer l'énergie sous forme de courant triphasé à 25000 volts; il devenait donc nécessaire, pour réaliser l'installation à courant continu que nous venons de décrire, soit de transformer le courant triphasé en courant continu, soit d'installer une dynamo génératrice spéciale ; c'est cette dernière solution qui a été adoptée, et une dynamo génératrice, du type Thury, à double inducteur et double induit, a été reliée directement à une turbine Picard, analogue aux turbines qui commandent les alternateurs du Creusot de l'usine d'Avignonnet.

L'arbre de la dynamo à double induit est terminé par un volant sur lequel est fixé un anneau portant les doigts de l'accouplement Raffard. Ce volant a un diamètre de $3^{m},70$ et une largeur de 160^{mm}. Il pèse environ 4000^{kg}.

La turbine porte de ce côté le manchon d'accouplement Raffard correspondant.

L'arbre de la dynamo a un diamètre maximum

de 52cm en son centre, une longueur entre paliers extrêmes de 3m,275 et les données générales de la dynamo sont les suivantes :

Elle comprend deux induits et deux inducteurs montés sur un bâti commun, à deux paliers. Le bâti est isolé du sol.

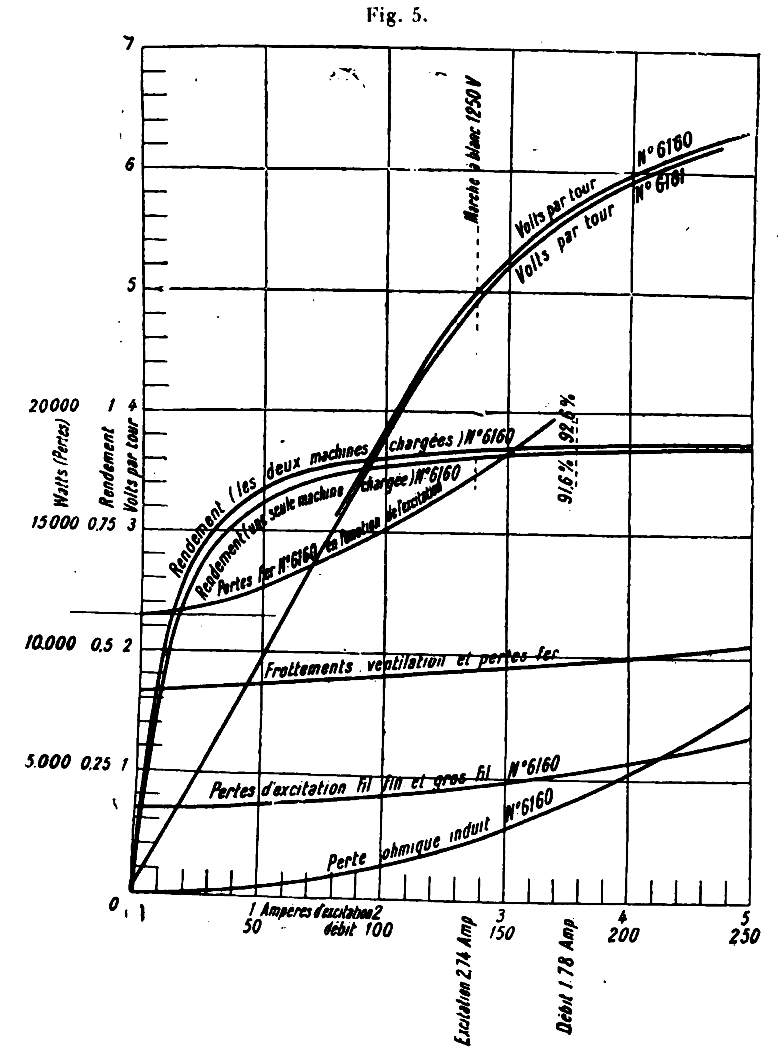
La génératrice est hyper-compound et donne 180 ampères sous 2 × 1350 volts, à la vitesse de 250 tours; à vide la tension est 2 × 1200 volts.

L'alésage des inducteurs est de 1250mm.

La longueur de l'induit de 550mm.

L'induit est lisse, à enroulement en parallèle.

Fig. 5.



Génératrice double. Résultats d'essais. { 55 chevaux, 55 chevaux, 2 × 1250 — 1350 volts, 185-200 ampères, 250 tours.

A chaque extrémité se trouve un collecteur de 750mm de diamètre, 150mm de longueur et portant chacun 4 lignes de porte-balais à 4 balais de charbon par ligne.

Les paliers, à graissage à bague, ont chacun 215mm de diamètre et 550mm de longueur.

Le poids des induits est de 9 tonnes.

Le poids total, y compris un demi-volant, égale 33400kg, soit :

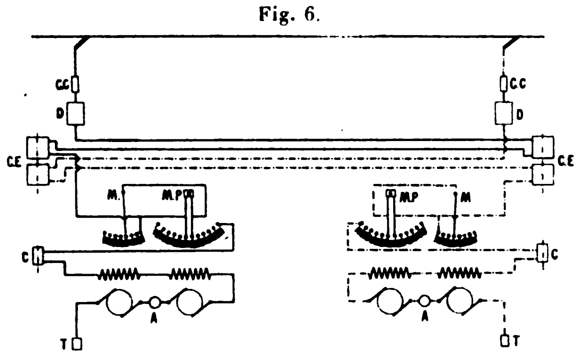
	kg
Induits (2 × 4500)	9000
Arbre et douille	2700
Bâti, paliers, équerres	4500
Hexagones (2 × 6600)	13200
Demi-volant	4000
	33400

Les essais complets ont donné des résultats qu'on trouvera réunis dans la figure 5.

Les courbes reproduites dans cette figure sont les caractéristiques à vide, les rendements dans différentes conditions de marche et les différentes pertes dans l'induit et les inducteurs.

Locomotive électrique. — Le schéma des connexions de la locomotive est reproduit en figure 6. Pour donner une idée de la composition

Fig. 6.



L, ligne aérienne. — CC, coupe-circuit. — D, déclencheur d'intensité. — CE, coupe étincelle. — M, multiplicateur. — MP, Manette principale. — C, coupleur. — A, ampèremètre. — T, terre.

de détail de la locomotive, nous reproduisons une vue d'ensemble en élévation (*fig.* 7), une vue en plan de l'ensemble (*fig.* 8) et une vue en plan avec toit enlevé (*fig.* 9), ainsi qu'une vue de bout (*fig.* 10) et deux coupes transversales (*fig.* 11 et 12).

Nous compléterons ces informations par quelques indications sur les appareils employés, indications que nous tenons des constructeurs et que nous reproduirons ci-après.

Contrôleurs. — A chaque extrémité de la cabine est installé un contrôleur; ceux-ci sont conjugués mécaniquement et commandés synchroniquement et à volonté de l'avant ou de l'arrière de la cabine.

Ces contrôleurs (*fig.* 6) ont été spécialement étudiés en vue de leur application sur des courants de haute tension.

Le but est atteint par l'utilisation d'un grand nombre de touches, obtenu par la combinaison de deux manettes, une manette principale et une manette multiplicatrice venant chaque fois intercaler la même série de résistances entre deux touches consécutives de la manette principale.

On obtient ainsi avec deux manettes, l'une par exemple de 12 touches, l'autre de 8, un contrôleur de 96 touches.

La commande du régulateur est faite au moyen d'une manivelle calée sur l'axe du multiplicateur.

Il est à remarquer que la touche d'interruption est placée en dehors du contrôleur proprement dit, dans une boîte en fonte, et que la rupture du courant se fait en plusieurs coupures en série et a lieu dans un bain d'huile.

Chaque appareil est en outre muni d'un coupleur pour marche avant, arrière et frein dans les deux sens. Aucune manœuvre de ce coupleur ne peut être faite sans que le régulateur ait été ramené au zéro.

Il est intéressant de remarquer que l'on peut obtenir la coupure du courant dans une position quelconque des manettes, mais que le réenclenchement est impossible sans l'amenée au zéro, comme c'est le cas pour les différentes marches.

Résistances. — Les régulateurs commandent des résistances, placées également dans la cabine, et permettant d'absorber, à la descente, le courant produit par le freinage électrique de la locomotive, les moteurs travaillant en génératrices.

Ces résistances sont calculées assez largement pour assurer le freinage continu d'un poids de 150 tonnes, c'est-à-dire pour utiliser tout le poids adhérent de la locomotive. Elles permettent de freiner à toutes allures comprises entre 2^{km} et 28^{km}.

Appareillage. — Indépendamment de ce freinage électrique, la locomotive est pourvue de deux autres freins, savoir :

1° Un frein à vis agissant sur les quatre essieux (16 sabots), commandé par une manivelle;

2° Un frein à vide continu, automatique et modérable, agissant sur les quatre essieux de la locomotive et sur tous les véhicules du train.

Un petit moteur-série, à 1200 volts, d'une puissance de 4 chevaux, actionne la pompe rotative à vide et un appareil spécial permet la mise en marche de ce moteur et le réglage de la valve.

La cabine contient encore une pédale commandant la boîte à sable, lors du patinage, et une petite manivelle commandant les vannes d'arrosage des bandages des roues de la locomotive: enfin, les voltmètres, ampèremètres et manomètres nécessaires pour contrôler la marche, ainsi que deux parafoudres, un disjoncteur automatique et un coupe-circuit fusible par pont (*fig.* 6).

5..

CHEMIN DE FER DE SAINT-GEORGES-DE-COMMIERS A LA MURE. — *Locomotive électrique de 500 chevaux.*

Fig. 7.

Coupe longitudinale.

Vue de face.

Fig. 8.

Vue en plan du toit.

Vue en plan du châssis.

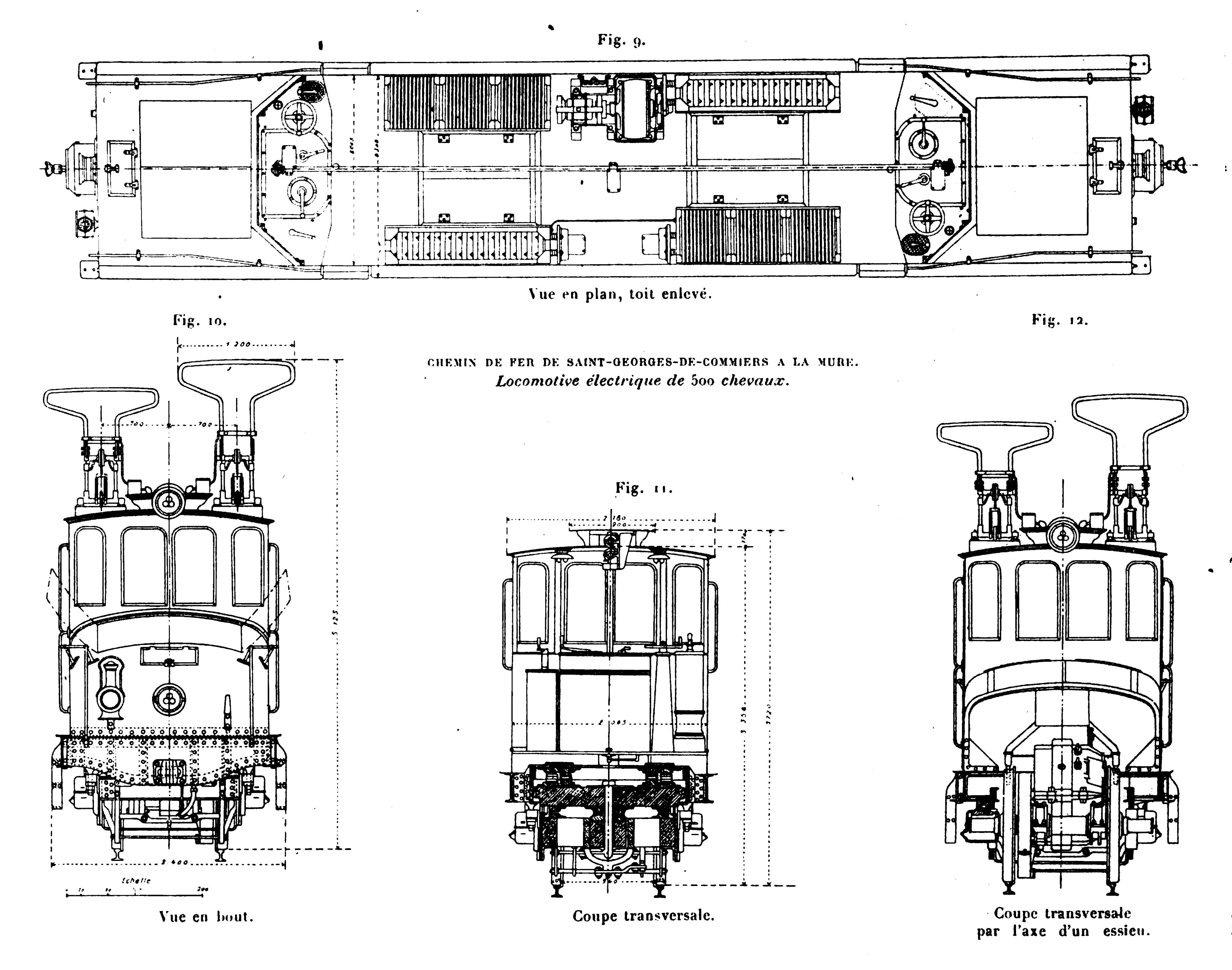


Fig. 9.

Vue en plan, toit enlevé.

CHEMIN DE FER DE SAINT-GEORGES-DE-COMMIERS A LA MURE.
Locomotive électrique de 500 chevaux.

Fig. 10.

Vue en bout.

Fig. 11.

Coupe transversale.

Fig. 12.

Coupe transversale par l'axe d'un essieu.

Quant à l'appareillage électrique de la lumière et du moteur à frein à vide, il permet de fonctionner à volonté, les archets levés à la montée, les archets baissés à la descente, en empruntant, dans ce dernier cas, le courant aux moteurs pendant le freinage électrique.

Disjoncteur automatique. — Le disjoncteur automatique est à soufflage magnétique et spécialement étudié en vue de son application dans les installations à haute tension; il est à double coupure en série, avec rupture finale entre contacts à charbon.

Une bobine parcourue par le courant total commande l'armature qui fait déclencher le cliquet.

Le soufflage magnétique est obtenu au moyen d'une bobine fixe dans laquelle passe le courant au moment où les contacts principaux quittent les mâchoires.

L'étincelle de rupture, soufflée par un fort champ, a lieu entre des blocs de charbon, comme dans les déclencheurs précédents.

Moteurs. — Les moteurs, de 125 chevaux chacun, sont au nombre de quatre (deux par pont), et travaillent en permanence en série, sous la tension de 600 volts, avec communication à la terre entre le second et le troisième moteur, pour limiter, ainsi que nous l'avons dit, à 1200 volts la tension maxima entre les enroulements et la masse.

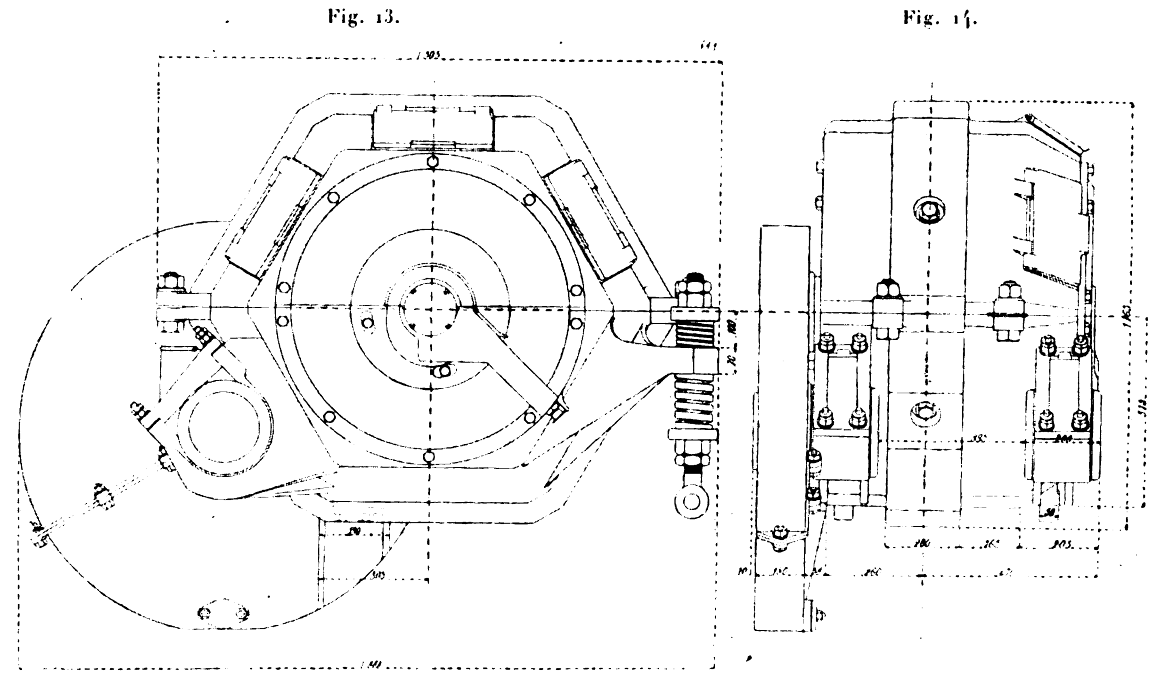
Les moteurs absorbent 185 ampères à la vitesse de 400 tours par minute.

L'alésage est de 750^{mm}, la longueur d'armature de 200^{mm}. L'induit est rainé; enroulement plat côté palier et à lamelles côté collecteur.

Les moteurs sont à carcasse en acier, à 6 pôles feuilletés, rapportés et fixés au moyen de boulons se prenant dans la clavette de fixation des tôles.

Le courant est amené au collecteur par des frotteurs en charbon; le graissage est à huile, à bague.

Fig. 13. Fig. 14.



Moteur : 125 chevaux, 600 volts, 400 tours.

Les moteurs, montés sur deux bogies, sont fixés sur essieux et suspendus par l'intermédiaire d'une suspension à ressort fixée au châssis.

Il est à remarquer que, vu la faible largeur de la voie (1^{m}), il a été nécessaire de réduire excessivement toutes les cotes d'encombrement des moteurs; on a ainsi une machine très dense et de dimensions minimes pour une telle puissance.

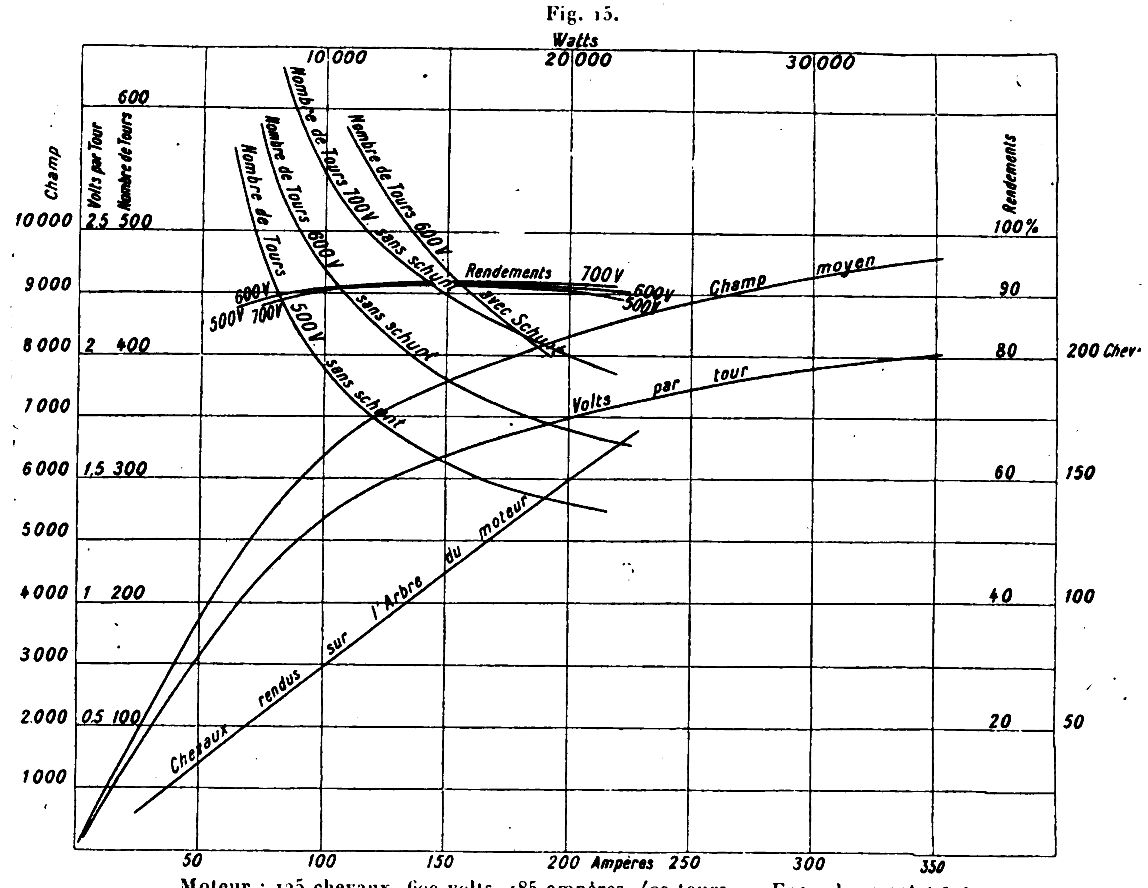
Depuis le pignon du moteur électrique, on attaque directement l'essieu moteur par l'intermédiaire d'un simple train d'engrenage (*fig.* 13 et 14).

Nous donnons les dessins d'ensemble de ces moteurs qui sont intéressants en raison de leur grande puissance et de leur encombrement réduit.

Nous résumons aussi (*fig.* 15) les résultats d'essais de ces moteurs sous différents régimes.

Enfin, le Tableau ci-dessous résume toutes les

Fig. 15.



Moteur : 125 chevaux, 600 volts, 185 ampères, 400 tours. — Encombrement : 2120.
R induit : 0,0534 ohm à 15°,
R inducteur : 0,065 ohm à 15°,
R shunt : 0,14 ohm.

données principales de l'installation, et surtout celles des locomotives au point de vue électrique et mécanique.

DONNÉES PRINCIPALES DE L'INSTALLATION DE SAINT-GEORGES-DE-COMMIERS-LA MURE.]

Conditions du trafic.

Largeur de la voie	1m,00
Déclivité maxima	0m,0275
Rayon minimum des courbes	100m
Poids du train à remorquer (non compris le poids de la locomotive) à la montée	100 tonnes
à la descente	300 »
Vitesse de régime de la locomotive, à l'heure	22km,500

Dimensions de la locomotive.

Longueur totale du châssis principal	11m,350
Longueur totale entre tampons	12m,510

Dimensions de la locomotive (suite).

Longueur de la cabine	3m,700
Hauteur de la cabine au-dessus du rail	3m,720
Largeur maxima de la cabine	2m,400
Nombre de bogies à deux essieux	2
Nombre d'essieux moteurs	4
Diamètre des roues au roulement	1m,200
Empattement total	7m,760
Empattement de chaque bogie	1m,850
Distance d'axe en axe des bogies	5m,910
Hauteur des tampons au-dessus du rail	0m,800
Hauteur des archets complètement levés	5m,125
Nombre des archets (2 par pont)	4

Poids.

Poids total adhérent, à vide	50000kg
» en ordre de marche	50500kg
Poids adhérent par essieu, à vide	12500kg
» » en ordre de marche	12625kg

5...

Équipement.

Alimentation par courant continu, avec distribution du système dit *à trois fils*, à 2400 volts entre les fils extrêmes, les rails, éclissés électriquement, servant de fil neutre, les moteurs fonctionnant en série.

Nombre de moteurs (1 par essieu)	4
Puissance de chaque moteur	125 HP
Puissance totale de la locomotive	500 HP
Tension normale sur chaque moteur	600 volts
Débit normal	185 amp.
Nombre de tours à la minute, à la vitesse de régime	400
Réduction d'engrenage	$\frac{1}{4}$

Freinage.

1° Frein électrique, les quatre moteurs travaillant en génératrices sur résistances métalliques;
2° Frein à vis agissant sur les quatre essieux (16 sabots);
3° Frein à vide continu, automatique et modérable, agissant sur les quatre essieux de la locomotive et sur tous les véhicules du train.

P. Letheule.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS [1].

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Chargeurs pour foyers de stations électriques, par A. GAY. (*The Electrician*, t. III, 27, p. 284-287, 11 déc. 1903.)

Dans une communication à la Society of Engineers du 30 novembre, l'auteur présente une revue d'ensemble des divers dispositifs adoptés pour le chargement mécanique des foyers de chaudières. Ces chargeurs mécaniques ont pour objet de réduire le plus possible les différentes pertes auxquelles donne lieu la transformation de la chaleur en électricité et, pour donner une idée des progrès qu'il y a à réaliser encore dans les phases successives de cette transformation, l'auteur indique pour la répartition des pertes les nombres suivants extraits de *Power* :

	Pertes pour 100.
Cendres	1,00
Rayonnement de la chaudière	5,00
Gaz de la cheminée	22,00
Rayonnement dans la tuyauterie de vapeur	1,56
» » » auxiliaire	0,52
» » les appareils accessoires	1,40
» » la machine	2,08
Pertes dans l'échappement	57,31
Total	90,57
Pertes dans les organes de la machine	0,56
» » la génératrice	0,36
» » la distribution	1,24
Pertes totales depuis le foyer jusqu'aux lampes	92,73

Ces chiffres mettent en évidence l'imperfection de l'appareil générateur de vapeur comparé aux autres parties du système. Mais, en outre, le rendement de 9,43 pour 100 de la transformation de calorique en énergie mécanique suppose une combustion parfaite de la houille et telle que l'on peut la réaliser seulement dans des essais de laboratoire. Dans la pratique, la quantité d'air admise dans le foyer est toujours très supérieure à celle qui est nécessaire à la combustion; et il est évident que, pour éliminer le facteur personnel du chauffage manuel, il est nécessaire de recourir à des appareils de chargement automatiques.

Un chargeur mécanique, pour être adopté, doit comporter une économie par rapport au chargement manuel, donner une combustion sans fumée avec les houilles les plus grasses, avoir peu d'organes frottants, être d'un fonctionnement sûr, d'un prix raisonnable et d'un entretien peu coûteux.

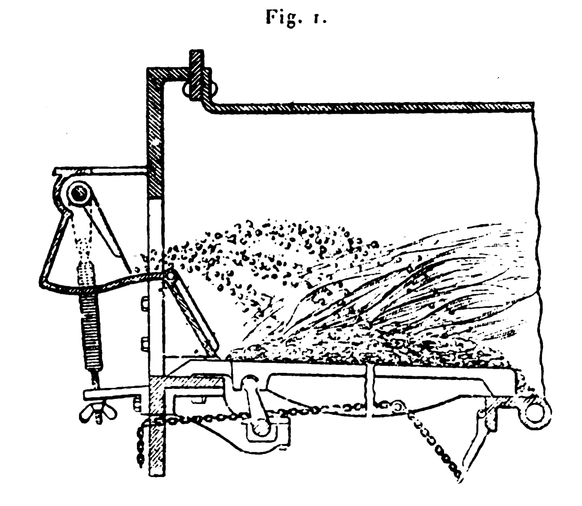
L'auteur divise les chargeurs mécaniques en deux classes, suivant que le chargement se fait par le haut ou le bas des foyers. Dans la première classe, on distingue encore le chargement par projection et le chargement par progression.

La figure 1 représente un appareil de chargement par projection du système Proctor. La cuiller de projection est actionnée par un toc à trois branches de longueurs différentes et est ramenée dans sa position normale par un ressort à boudin. La houille se trouve ainsi projetée respectivement à l'extrémité, au milieu et à l'entrée du foyer. Les barreaux de la grille sont mobiles, et leur mouvement fait avancer

[1] L'office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXe), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

les cendres au fond du foyer où elles tombent dans un cendrier. La houille est amenée devant la cuiller au moyen d'une vis, à raison de 100 kilogs par

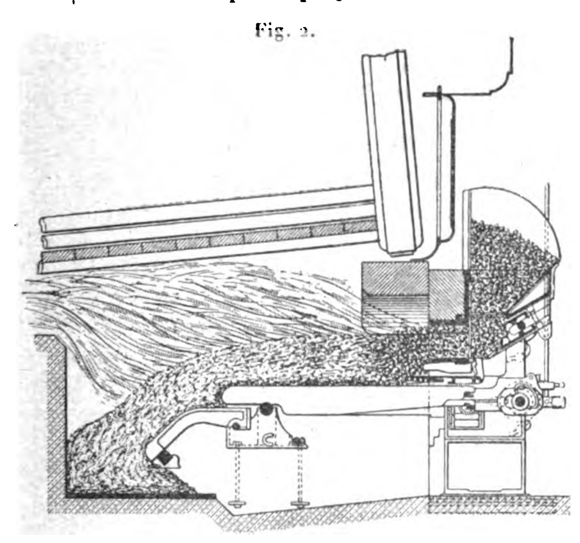
Fig. 1.



heure; le débit peut être très exactement réglé. La cuiller ayant la forme d'un V, le combustible est projeté en éventail sur toute la largeur du foyer.

Le chargeur de la Smoke Preventer C° est du même type. La cuiller oscillante est remplacée par un arbre à trois projections radiales; la houille déversée dans une trémie est reçue dans une sorte de tiroir oscillant qui la force à descendre sur les ailes de l'arbre tournant qui la projettent dans le foyer.

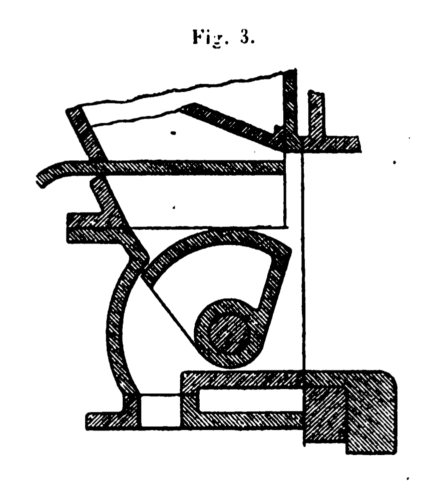
Fig. 2.



On produit une distribution uniforme du combustible au moyen d'une sorte de gouvernail formé de plusieurs plaques parallèles et orientées dans la direction voulue.

Dans la figure 2 est représentée une coupe longitudinale du chargeur Vicars à progression. Le combustible passe de la trémie dans une caisse inférieure où il est poussé en avant par des plongeurs à mouvement alternatif, et arrive sur la grille à barreaux mobiles, qui le fait avancer lentement à l'arrière du foyer. La circulation du combustible est réglée par la vitesse du mouvement des plongeurs. La figure 3 est un diagramme du chargeur Meldrum.

Fig. 3.



La came de chargement a la forme d'un secteur tournant sur pivot qui, d'après les constructeurs, absorberait moins d'énergie que les dispositifs à mouvement rectiligne.

Dans le chargeur de Babcock et Wilcox la grille consiste en une chaîne sans fin de barreaux articulés, passant sur deux tambours dont l'un est actionné par une vis sans fin. La houille arrive sur toute la largeur de la grille et le débit est réglé par l'ouverture plus ou moins grande des portes du foyer à déplacement vertical. Le décrassage se fait automatiquement par le seul mouvement de la grille qui déverse directement les résidus de la combustion dans le cendrier placé à l'arrière du foyer. Le chargeur entier roule sur rails et peut être amené en avant des chaudières pour l'inspection et les réparations.

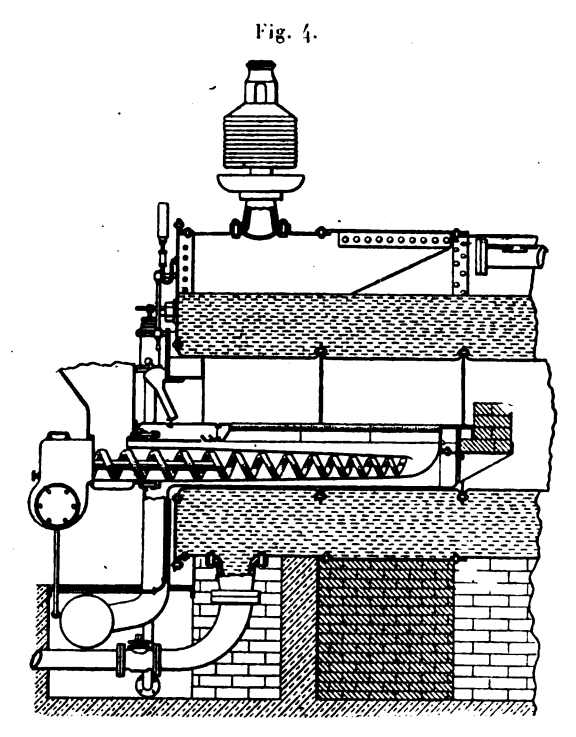
La figure 4 représente un foyer à chargement inférieur de la Underfeed Stoker C°. Dans ce système la houille est déversée par la trémie sur une sorte de vis d'Archimède qui la force à travers une ouverture placée au centre de la grille. Les crasses et les cendres se déversent à la partie inférieure, à chaque extrémité du foyer. La vis de chargement est actionnée par un petit moteur à vapeur, ce qui rend le fonctionnement indépendant.

D'après une série d'essais effectués par l'auteur, le poids d'eau vaporisée par kilogramme de houille d'un pouvoir calorifique de 7500 calories est de 8 à 9 kilogrammes, avec des chargeurs automatiques de divers types. Mais la sécurité du fonctionnement

laisse souvent à désirer, et l'auteur estime à 10 pour 100 environ les frais d'entretien.

Au sujet des améliorations qui ont été imaginées dans le chauffage des foyers, l'auteur signale les foyers

Fig. 4.



à combustibles pulvérulent ou liquide et à double grille. Les constructeurs prétendent réaliser une combustion parfaite avec des combustibles préalablement réduits en poussière impalpable et envoyés dans les foyers à travers des ajutages et sous l'action d'air comprimé. Théoriquement l'idée est séduisante, mais le coût de la mouture du charbon ne doit pas être négligeable. Quant aux combustibles liquides, si leur emploi se généralisait, la hausse des pétroles qui en résulterait rendrait toute économie illusoire.

Dans les foyers à double grille, la grille supérieure est formée de tubes aboutissant à une colonne montante qui fait partie du système de circulation de la chaudière. C'est sur cette grille qu'est chargé le combustible comme sur une grille quelconque; les gaz de la combustion traversent la couche incandescente de haut en bas et sortent à la partie inférieure au-dessus d'une seconde grille sur laquelle s'amassent des particules incandescentes entraînées, et celles que laisse tomber la grille supérieure; tout excès d'air traversant la grille supérieure subit une combustion sur la grille inférieure.

L'auteur fait remarquer que, si les constructeurs sont unanimes pour vanter les avantages de ces divers systèmes de chauffage, il y a de grandes divergences d'opinions dans les milieux où on les emploie. On reproche notamment à ces appareils de ne pas réaliser d'économie, de ne pouvoir employer de combustible pauvre, de ne pas réduire la fumée, de nécessiter un entretien coûteux, ainsi que l'emploi simultané du chauffage manuel dans les stations centrales, d'être fréquemment hors de service et de diminuer la capacité des chaudières.

D'une enquête à laquelle l'auteur s'est livré tant à Londres que dans la province, il semble résulter que, dans les grands centres comme Londres, le chargement mécanique n'est pas d'un profit appréciable, et qu'il se recommande surtout dans les centres houillers ou dans leur voisinage immédiat.

La discussion qui suit cette communication reflète les divergences d'opinions que l'auteur a signalées : il en ressort cependant que, dans les très grandes stations, les chargeurs mécaniques rendent des services, quand les chauffeurs ont quelque soin des mécanismes. L'un des orateurs cite, dans ce sens, la nouvelle station du District Railway où, avec 64 chaudières, l'emploi du chargement mécanique n'exige que 64 chauffeurs, alors qu'il en faudrait huit fois plus avec le chauffage à la main. Le même orateur cite encore l'exemple de la municipalité d'Exeter qui adopta résolument le chargement mécanique après une enquête auprès de 30 stations qui en étaient pourvues. P. L. C.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Sur la rigidité diélectrique des isolants de haut potentiel, par W. WEICKER, P. HOLITSCHER, C. BAUR, B. WALTER. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIV et XXV, octobre 1903 à janvier 1904).

L'article de M. Walter, sur la « Rigidité diélectrique des isolants », dont une analyse a été donnée dans la *Revue électrique* du 15 février (p. 84), a provoqué quelques remarques de MM. Weicker, Holitscher et Baur et une réponse de M. Walter.

La remarque de M. H. WEICKER (*E. T. Z.*, t. XXIV, p. 873, 15 octobre 1903) est relative à la porcelaine de Hermsdorf. La courbure signalée par M. Walter sur le diagramme ne peut être attribuée aux erreurs d'expérience. Elle s'explique par ce fait que cette courbe a pour abscisses les différences de potentiel, tandis que celles de M. Walter ont comme abscisses les distances explosives. Comme il n'y a pas proportionnalité entre ces grandeurs, les deux systèmes de courbes ne peuvent avoir même allure.

En ce qui concerne la définition même de la rigidité diélectrique, il est d'usage dans la pratique de la définir par la différence de potentiel nécessaire

à la rupture, en supposant qu'elle est obtenue à l'aide d'un courant sinusoïdal.

De plus le procédé de M. Walter fixe le point sur lequel se produit la décharge. Or, en pratique, la rupture se produira toujours aux points qui se trouveront plus faibles, pour une raison ou l'autre. Ce qu'il importe le plus de déterminer, ce sont justement ces points faibles.

Suivant M. P. Holitscher (*E. T. Z.*, t. XXIV, p. 862, 22 octobre 1903), le procédé proposé par M. Walter à l'inconvénient de donner des résultats qui dépendent essentiellement de la goutte employée et de l'exactitude du trou d'aiguille. Il s'ensuit une incertitude qui ôte toute valeur à ce procédé en tant que méthode de mesure.

Il est donc préférable, au point de vue technique, de définir comme différence de potentiel de rupture la différence de potentiel qui fait passer la décharge à travers la substance nue. Il vaudrait mieux employer, au lieu de pointes, des électrodes planes de 10^{cm^2}.

En réalité, la différence de potentiel de rupture croît un peu moins vite que l'épaisseur du diélectrique.

M. C. Baur (*E. T. Z.*, t. XXV, p. 77, janvier 1904) rappelle qu'il a proposé, pour relier la différence de potentiel de rupture V à l'épaisseur *d* du diélectrique, la formule simple

$$V = c d^{\frac{3}{2}},$$

la constante *c* dépendant de la nature de la substance.

Il emprunte à divers expérimentateurs des nombres d'après lesquels sa formule se vérifie pour les épaisseurs un peu notables ; la limite dépend des substances.

M. B. Walter répond (*E. T. Z.*, t. XXV, 7 janvier 1904, p. 16) aux critiques formulées par M. Weicker et M. Holitscher.

M. Holitscher a exagéré les difficultés de l'expérience, dont M. Walter a décrit les détails en insistant sur les précautions à prendre uniquement pour épargner des insuccès à ceux qui les répéteraient.

L'emploi des gouttes a l'avantage d'éliminer l'influence des irrégularités de la surface ; les électrodes en pointes sont à préférer aux électrodes planes, avec lesquelles l'élévation de température provoquée par l'hystérésis diélectrique est à craindre.

A la vérité, ces deux causes interviennent dans la pratique, mais leur rôle diffère tellement, suivant le mode d'emploi de la substance, qu'il vaut mieux tout d'abord déterminer la rigidité, indépendamment de ces causes secondaires.

Il est très exact que dans la pratique un isolant est toujours percé en un endroit faible : mais le procédé de la goutte crée pour ainsi dire un de ces endroits faibles.

D'après les expériences effectuées par l'auteur lui-même et à sa demande par M. Weicker et M. Koch, de Chemnitz, la différence de potentiel explosive, correspondant à une distance donnée dans l'air, dépend de la loi de variation de cette différence de potentiel. Il semble que cette circonstance soit propre à déconseiller l'emploi des courants alternatifs pour l'étude de la rupture diélectrique, à moins de prendre pour mesure de la différence de potentiel la distance explosive correspondante, entre pointes, dans l'air.

Remarque sur la discussion précédente, par M. Lamotte. — La discussion qui vient d'être résumée me paraît peu susceptible de mettre d'accord les parties. Chacun des avis exprimés repose sur une *définition absolument arbitraire,* dérivée d'une hypothèse que tous font explicitement et qui n'est rien moins que plausible. Les divergences mêmes qui se manifestent entre les divers auteurs tendent à infirmer cette hypothèse. Pourquoi admettre, *a priori,* que les propriétés du diélectrique vis-à-vis de la décharge soient fonction d'un seul paramètre, différence de potentiel ou distance explosive équivalente dans l'air ? Il me semble infiniment plus probable que les conditions de rupture du diélectrique dépendent de la manière dont est conduit l'essai.

Est-ce que, dans l'étude de la résistance des matériaux solides, on n'a pas soin de spécifier les conditions de l'épreuve, et les résultats obtenus ne varient-ils pas dans de larges limites avec ces conditions ?

Supposons qu'il s'agisse d'éprouver la résistance d'une vanne ? M. Walter dirigera sur cette vanne un jet d'eau sous pression; M. Holitscher lui fera supporter le choc des vagues : il est vraisemblable que leurs résultats ne seront pas très d'accord.

La conclusion, c'est qu'en l'absence de toute certitude théorique ou pratique, rien n'autorisant à déduire, d'*un seul* facteur de rigidité, la manière dont se comportera le diélectrique dans toutes circonstances possibles, il faut définir les conditions de l'essai, qui devront être aussi voisines que possible des conditions réelles dans lesquelles la substance sera employée et ne généraliser les résultats obtenus qu'avec prudence. M. L.

MOTEURS ÉLECTRIQUES.

Perfectionnements aux moteurs-série à courant alternatif monophasé, par B.-G. LAMME. — Brevet anglais n° 26746 de 1902. (*Electrical World and Engineer*, t. XLIII, p. 312, 13 février 1904.)

Dans les applications qu'on a faites jusqu'ici du

courant alternatif monophasé à l'alimentation des moteurs à collecteur excités en série, on a rencontré de graves difficultés dues à diverses causes : échauffement excessif, étincelles intolérables aux balais, faible rendement, régulation défectueuse. M. Lamme, qui, depuis plusieurs années, s'occupe de l'application de ces moteurs à la traction, expose dans son brevet les remèdes qu'il applique à ces inconvénients.

Puisque la force électromotrice due à la self-induction des inducteurs et la force contre-électromotrice de l'induit dépendent l'une et l'autre de l'intensité du champ inducteur, il existe entre elles une relation qui dépend de la vitesse de rotation de l'induit, du rapport des ampères-tours inducteurs aux ampères-tours induits et de la fréquence du courant. Avec une vitesse plus grande, une fréquence moindre et des spires inductrices moins nombreuses par rapport aux spires induites, le rapport de la force électromotrice de self-induction des inducteurs à la force contre-électromotrice de l'induit devient plus faible. L'induction dans les pôles et l'induction dans l'induit augmentent l'une et l'autre avec l'intensité du courant absorbé par le moteur, proportionnellement à cette intensité, tant qu'on n'approche pas de la saturation : le couple auquel donnent lieu ces deux flux croît donc avec le carré du courant, condition très avantageuse pour les moteurs de traction. Mais l'accroissement de l'intensité du champ inducteur s'accompagne de l'accroissement de la force électromotrice de self-induction, qu'il faut faire entrer en ligne de compte dans le cas des courants alternatifs. La résultante de toutes les forces électromotrices étant égale à la tension appliquée aux balais, l'accroissement de la self-induction produira une baisse de vitesse qui sera très rapide si la self-induction devient très grande. La vitesse s'annulera quand la force électromotrice de self-induction sera égale à la tension appliquée. Réciproquement, si l'on maintient le champ constant, la force électromotrice de self-induction produite par lui reste constante, et, par suite, l'induit garde une vitesse invariable, à moins que sa propre induction ne soit très élevée.

Il y a donc, dans ce genre de moteurs, deux modes de fonctionnement : 1° le champ magnétique est à peu près proportionnel à l'intensité du courant; 2° le champ est maintenu constant [1].

[1] Dans le premier cas, comme on l'a déjà dit, le moteur s'adapte bien à la traction, mais son couple maximum peut se trouver trop faible pour les exigences maxima du service. Dans le second cas, le couple n'est pas limité par les mêmes inconvénients; mais, d'autre part, les caractères généraux du moteur peuvent ne pas être appropriés à des conditions données. Il y a donc avantage à établir dans le moteur une combinaison des deux modes, de sorte que, dans certaines limites de fonctionnement, le champ inducteur soit à peu près proportionnel au courant, et, qu'en même temps, le moteur puisse développer le couple nécessaire. Il faut donc, d'après ce qui a été dit, limiter la self-induction des inducteurs de façon qu'elle n'absorbe pas une fraction trop forte de la tension appliquée : alors, quand on aura besoin d'un couple énergique, on pourra envoyer dans le moteur un courant suffisant pour produire ce couple. Le flux produit par l'induit à travers les pôles ayant aussi pour effet de limiter le courant, ce flux doit également être maintenu dans des limites convenables. Il faut donc, en somme, que la self-induction totale du moteur soit relativement faible, en fonctionnement normal, par rapport à la tension appliquée, et qu'elle ait une valeur limite moindre que cette tension, même quand le moteur développe son couple maximum.

On peut exprimer comme suit la relation entre la force électromotrice de self-induction des inducteurs et la force contre-électromotrice de l'induit :

$$\text{Force électromotrice de self-induction des inducteurs} = \text{fréquence} \times \text{nombre des spires en série} \times \text{flux par pôle} \times \text{const.}$$

$$\text{Force contre-électromotrice de l'induit} = \text{Nombre de tours} \times \text{nombre de conducteurs induits} \times \text{flux par pôle} \times \text{const.}$$

Les constantes dépendent des caractères du réseau d'alimentation; elles sont déterminées dans tous les cas par des lois connues. On suppose l'induit formé d'un enroulement en parallèle du type ordinaire.

$$\frac{\text{Force électromotrice due à la self des inducteurs}}{\text{Force contre-électromotrice de l'induit}} = \frac{\left\{\begin{array}{l}\text{Fréquence dans le réseau}\\ \times \text{nombre de spires inductrices}\\ \times \text{flux par pôle}\end{array}\right\}}{\left\{\begin{array}{l}\text{Nombre de tours}\\ \times \text{nombre de conducteurs induits}\\ \times \text{flux par pôle}\end{array}\right\}} \times \text{const.},$$

et, puisque le nombre des conducteurs induits égale

$$2 \times \text{nombre des pôles} \times \text{nombre des spires induites en série},$$

le rapport précédent est égal à

$$\frac{\text{Fréquence dans le réseau}}{\text{Nombre des pôles} \times \text{nombre de tours}} \times \frac{\text{spires inductrices}}{\text{spires induites}} \times \frac{\text{const.}}{2}.$$

Dans un moteur à courant continu, la fréquence des renversements de courant dans l'induit est égale au produit du nombre de tours par le nombre des pôles, et, comme on peut supposer qu'il en est de même dans un moteur série à courant alternatif, la

formule précédente se simplifie en substituant au terme « nombre des pôles × nombre de tours » le terme « fréquence dans l'induit ». On a déjà dit que la self-induction du moteur doit être faible par rapport à la tension appliquée, puisque la résultante de la force électromotrice de self-induction et de la force contre-électromotrice du moteur est à peu près égale à la tension appliquée. Il s'ensuit que cette force électromotrice de self-induction doit être faible par rapport à la force contre-électromotrice de l'induit en régime normal. La formule précédente, qui exprime la valeur du rapport de ces deux forces, fait maintenant apparaître les moyens pratiques de réaliser cette condition.

Elle montre, en effet, que, pour donner au rapport considéré une valeur assez faible, il faut : une basse fréquence dans le réseau, un grand nombre de pôles, une grande vitesse, un petit nombre d'ampères-tours inducteurs, un nombre relativement grand d'ampères-tours induits. Il faut maintenant examiner quelles valeurs on peut attribuer, dans la pratique, à ces divers éléments et à leurs rapports. Nous résumons en note (¹) les renseignements fournis par l'auteur sur ce point.

(¹) Le rapport du nombre d'ampères-tours inducteurs au nombre d'ampères-tours induits est limité, dans la pratique, par l'inconvénient de la distorsion du champ qui troublerait la commutation. La valeur minima de ce rapport est généralement comprise entre 0,5 et 0,75.

Ayant ainsi assigné des limites définies à deux des rapports qui figurent dans l'équation précédente (rapport de la force électromotrice de self des inducteurs à la force contre-électromotrice de l'induit, et rapport des ampères-tours inducteurs aux ampères-tours induits), le troisième terme de l'équation (rapport de la fréquence du réseau au produit « nombre de pôles × nombre de tours », ou, en d'autres termes, rapport de la fréquence dans le réseau à la fréquence dans l'induit) se trouve ainsi compris entre des limites déterminées. L'expérience montre qu'une bonne valeur moyenne du rapport $\frac{\text{ampères-tours inducteurs}}{\text{ampères-tours induits}}$ est 0,625; d'autre part, on trouve que la valeur du rapport $\frac{\text{const.}}{2}$ est d'environ 1,6, ou $\frac{1}{0,625}$. Ces deux derniers rapports se détruisent donc, et il ne reste dans la formule que les deux termes:

$$(1)\quad \frac{\text{Force électromotrice due à la self des inducteurs}}{\text{Force contre-électromotrice de l'induit}},$$

et

$$(2)\quad \frac{\text{Fréquence dans le réseau}}{\text{Nombre de pôles} \times \text{nombre de tours}},$$

qui sont compris entre des limites fixes. Il s'ensuit que, pour un nombre donné de tours par minute, le nombre des pôles doit être directement proportionnel à la fréquence du courant d'alimentation. L'auteur indique, comme valeur approximative de ce facteur de proportionnalité, $\frac{1}{250}$, pour une vitesse quelconque, la fréquence étant exprimée en périodes par minute. Pour une fréquence de 2000 périodes par minute, il faudra donc donner 8 pôles au moteur.

Tels sont les moyens par lesquels on pourra réaliser un circuit inducteur d'une self-induction relativement peu élevée. On va voir maintenant comment on peut fixer une valeur limite à la self-induction des deux enroulements du moteur.

On y arrive par une construction spéciale des pièces polaires : on y creuse des trous ou des encoches perpendiculairement à la direction du mouvement de l'induit, en laissant à la masse pleine une section suffisante pour y obtenir l'induction voulue. Les trous ou les encoches presque fermées sont préférables aux encoches ouvertes, car celles-ci exigent une force magnétomotrice plus grande, ce qui oblige à accroître le nombre des spires inductrices et, par suite, la self-induction. La section transversale du fer des pôles devra être déterminée de telle sorte que l'entretien du champ n'exige qu'une faible force magnétomotrice en sus de celle qu'absorbe l'entrefer, jusqu'à ce que le courant dépasse l'intensité correspondant à la puissance normale du moteur; au delà de cette intensité, les dents des pôles approchent rapidement de la saturation. Pour atteindre ce but, il faut donner une faible longueur à la partie du circuit magnétique dont la section transversale est réduite, mais la faire travailler à induction élevée. Il n'y a pas lieu de soumettre la carcasse tout entière à une forte induction, car les pertes causées par les renversements de flux seraient alors trop grandes.

La self-induction de l'induit, résultant du flux transversal engendré par le courant induit et traversant les pôles d'une corne à l'autre, est aussi réduite et limitée par ces trous ou encoches creusés dans les pièces polaires, qui augmentent la réluctance du circuit de ce flux. Plus la section des dents sera faible et plus elles seront saturées, moins il y aura de flux transversal pour un courant donné dans l'induit. On peut réduire encore davantage ce flux transversal au moyen d'un enroulement secondaire, si l'on veut (¹).

(¹) L'enroulement de l'induit est complètement fermé sur lui-même et les points de jonction des sections sont reliés aux lames du collecteur par des connexions d'une résistance relativement forte, pour la raison suivante. Le champ magnétique du moteur, étant alternatif, induit un courant secondaire dans toute spire en court-circuit qu'il traverse, et, d'après les lois connues des transformateurs, les ampères-tours secondaires sont à peu près égaux aux ampères-tours primaires, qui sont ici les ampères-tours inducteurs. Or les balais, chevauchant sur deux lames adjacentes du collecteur, mettent en court-circuit les spires induites reliées à ces lames, et, quand les balais sont sur la ligne neutre, ces spires sont traversées par le flux, qui y détermine par induction un courant assez intense. C'est la principale cause des étincelles qui se produisent sous les balais des moteurs-série de construction ordinaire, quand on les alimente par du courant alternatif. Pour obvier à cet inconvé-

D'après ce qu'on a déjà dit, la nécessité de réduire la self-induction et de proportionner convenablement les ampères-tours inducteurs aux ampères-tours induits détermine pratiquement le nombre de pôles du moteur pour une vitesse donnée et une fréquence donnée du courant d'alimentation. On constate que, pour un moteur ainsi étudié, les pôles seront plus nombreux que dans un moteur à courant continu de même puissance [1].

L'inventeur décrit, avec dessins à l'appui, les détails de construction de son moteur. P. L.

MESURES.

Électrogoniomètre de M. Routin, par CHAUMAT. Communication faite à la séance du 2 mars 1904 de la Société internationale des Électriciens.

Cet appareil, destiné à mesurer l'angle de phase entre une tension et l'intensité du courant qu'elle produit, a été essayé au Laboratoire central d'électricité.

On sait qu'une des méthodes employées consiste à mesurer, d'une part, la puissance P absorbée dans le circuit à l'aide d'un wattmètre et, d'autre part, la valeur de la tension U_{eff} et celle de l'intensité I_{eff}. On a en effet

$$\cos\varphi = \frac{P}{U_{eff} I_{eff}}.$$

Ceci suppose qu'on se trouve en présence d'une force électromotrice rigoureusement sinusoïdale. M. Chaumat examine d'abord le cas général d'une fonction périodique quelconque. En développant en série de Fourier, on a, pour la tension u et l'intensité i à un instant donné,

$$u = A_1 \sin(\omega t - \alpha_1) + A_2 \sin(2\omega t - \alpha_2) + \ldots,$$
$$i = B_1 \sin(\omega t - \beta_1) + B_2 \sin(2\omega t - \beta_2) + \ldots.$$

On en déduit, pour la puissance P, la valeur générale :

$$P = \tfrac{1}{2} \Sigma A_m B_m \cos(\beta_m - \alpha_m);$$

soit, en posant $\beta_m - \alpha_m = \varphi_m$,

$$P = \tfrac{1}{2} \Sigma A_m B_m \cos\varphi_m,$$

chaque terme du signe Σ représentant le produit de deux harmoniques de même ordre par leur décalage.

Comme, d'autre part, on a pour les valeurs de la tension et de l'intensité efficaces les relations suivantes :

$$U_{eff} = \sqrt{\tfrac{1}{2}(A_1^2 + A_2^2 + \ldots)}$$

et

$$I_{eff} = \sqrt{\tfrac{1}{2}(B_1^2 + B_2^2 + \ldots)};$$

on en déduit, pour le facteur de puissance $\cos k$,

$$\cos k = \frac{\Sigma A_m B_m \cos\varphi_m}{\sqrt{(\Sigma A^2)(\Sigma B^2)}},$$

et, si l'on prend $A_2 = \frac{A_1}{p}$, $B_2 = \frac{B_1}{q}$,

$$\cos k = \frac{\cos\varphi_1 + \frac{\cos\varphi_2}{pq}}{\sqrt{1 + \frac{1}{p^2} + \frac{1}{q^2}}}.$$

Cette équation montre que si l'on suppose pour p et q des valeurs de l'ordre de 10, ce qui représente un cas fréquent en pratique, le facteur de puissance $\cos k$ ne diffère pas sensiblement de celui $\cos\varphi_1$ se rapportant aux deux termes principaux de la série de Fourier.

On peut donc supposer toutes les courbes sinusoïdales.

---

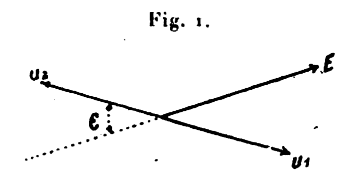
nient, M. Lamme intercale une certaine résistance dans chacune des connexions qui relient l'enroulement induit aux lames du collecteur : cette disposition réduit les courants secondaires et, par suite, les étincelles. L'enroulement induit étant fermé sur lui-même, le courant de travail ne traverse ces résistances que pour se rendre aux lames qui sont en contact avec les balais, la perte par effet Joule est donc faible. Dans chaque spire mise en court-circuit par un balai, le courant secondaire dépend, comme on vient de le voir, du courant qui passe dans le moteur, non de la tension appliquée aux balais : les résistances seront donc déterminées de telle sorte que, pour la marche à pleine charge, ce courant secondaire ne dépasse pas, par exemple, le double de l'intensité du courant de pleine charge.

[1] De plus, pour avoir une commutation satisfaisante, il faut que les enroulements induits soient reliés en parallèle et qu'il y ait peu de spires en série entre deux lames adjacentes du collecteur. La tension d'alimentation est donc aussi pratiquement limitée et l'on trouve qu'elle est plus basse que la tension maxima qui peut convenir aux moteurs à courant continu, aux moteurs de traction, par exemple. Cela n'a pas grande importance, puisque les transformateurs permettent de réduire autant qu'on veut la tension de la ligne.

Pour l'alimentation d'un moteur, on a le choix entre le voltage constant et le voltage variable : on préfère généralement ce dernier système quand on veut pouvoir faire varier la vitesse. Le meilleur procédé consiste dans ce cas à employer un transformateur à rapport de transformation variable. On pourra, par exemple, brancher entre la ligne et le moteur un transformateur dont on fera varier la tension secondaire soit en modifiant le nombre des spires primaires ou secondaires, soit en modifiant la réluctance du circuit magnétique par les procédés connus. Ou encore on met en dérivation sur la ligne d'alimentation un transformateur principal dont le secondaire, intercalé dans le circuit du moteur, est relié en tension avec le secondaire d'un transformateur dont le primaire est en série avec la ligne principale. Ce deuxième transformateur ajoute ou retranche à la force électromotrice développée dans le secondaire du transformateur principal. Ces systèmes de réglage, qui dispensent entièrement de l'emploi des rhéostats, sont très économiques dans les services à démarrages fréquents, comme, par exemple, la traction.

Cette digression terminée, M. Chaumat passe à la description de l'appareil de M. Routin. Dans cet appareil, destiné aux courants triphasés, on oppose deux tensions : l'une, u_1, en phase avec l'intensité du courant, et l'autre, u_2, égale à la précédente et

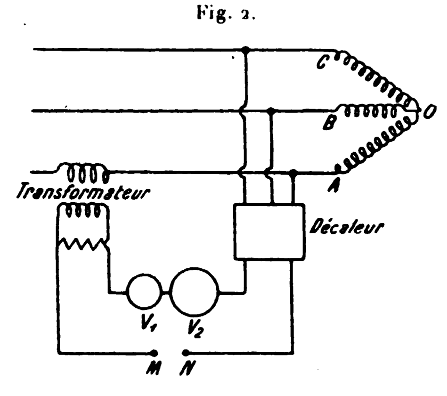
Fig. 1.



réglable avec l'une des tensions du circuit triphasé E (*fig.* 1). L'angle ε sera l'angle cherché.

En principe, l'appareil comprend donc (voir *fig.* 2)

Fig. 2.

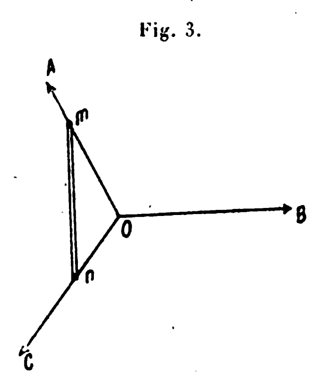


un transformateur dont le primaire est traversé par un des courants triphasés et un décaleur relié à chacun des trois circuits. La tension u_1 est prise aux bornes d'une résistance non inductive, branchée sur le secondaire du transformateur. Le décaleur donne la tension u_2 opposée à u_1. Deux voltmètres thermiques V_1 et V_2, de sensibilité différente, permettent d'apprécier le dixième de volt, ce qui correspond à un tiers de degré pour l'angle à mesurer. C'est donc une méthode de réduction à zéro.

Le transformateur employé n'a rien de particulier; son primaire comprend 4 bobines de 25 spires, admettant une intensité de 25 ampères; son secondaire renferme 1800 spires. Pour $\varepsilon < 1°$, la puissance absorbée est de 1,1 watt.

La partie la plus intéressante de l'appareil est le décaleur ohmique. Nous n'en donnerons pas ici la théorie complète, qui nous entraînerait à de trop longs développements. Le principe en est assez simple et peut être représenté schématiquement par la figure 3. Dans cette figure, OA, OB et OC représentent en grandeur et en direction chacune des trois forces électromotrices alternatives décalées de 120 degrés. Si l'on suppose une réglette isolante portant à ses deux extrémités des contacts m et n distants de $mn = OA$, en faisant glisser la réglette de telle façon que le lieu des points m soit OA et celui des points n, OC, on obtiendra entre m et n une différence de potentiel constante mais dont la

Fig. 3.



phase variera, cette différence de potentiel étant représentée à tout instant en grandeur et en sens par la droite mn. C'est donc par le mouvement de la réglette du décaleur que l'on obtiendra le réglage à zéro. En pratique, c'est sur un tambour portant un grand nombre de spires que tourne la réglette.

Cet appareil a donné, au Laboratoire central d'Électricité, des résultats très satisfaisants, ainsi qu'il résulte du Tableau suivant, d'après les expériences communiquées par M. Chaumat :

Facteur de puissance.	k calculé.	φ mesuré au décaleur.	cos φ.
	° ′	°	
0,823	34.30	34	0,829
0,58	54.30	52	0,616
0,44	64	62	0,469
0,32	71.30	70.30	0,334
0,12	83	81.30	0,140

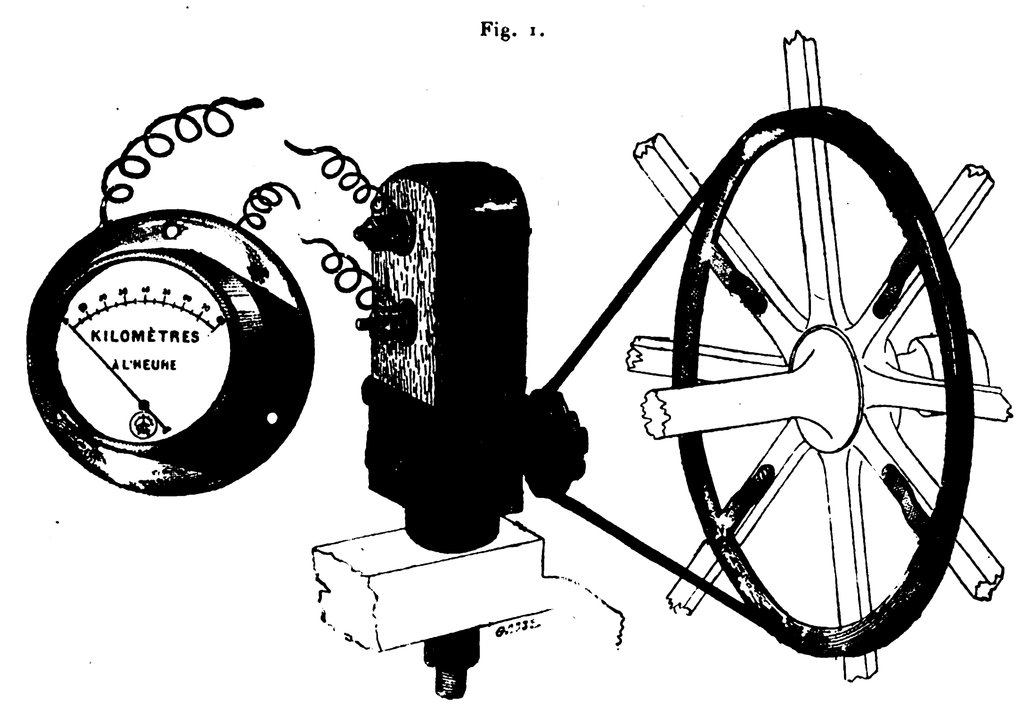
Sur un nouvel indicateur électromagnétique de vitesse à distance, par R. ARNOUX. Communication faite à la séance du 2 mars 1904 de la Société internationale des Électriciens.

L'intérêt qu'il y a à munir une voiture automobile d'un indicateur de vitesse n'est plus à démontrer. Parmi les appareils antérieurement proposés, on en trouve qui sont basés sur l'emploi d'une dynamo à courant continu et d'un voltmètre indicateur. Malheureusement l'influence des trépidations est néfaste à ces instruments, le pivotage de l'équipage mobile se détériorant rapidement d'une part, et, d'autre part, la résistance du contact entre le collecteur et les balais étant variable.

L'appareil étudié par la Maison Chauvin et Arnoux est représenté par la figure 1. Il se compose, en principe, d'une machine magnéto-électrique qui est entraînée par le mouvement de la roue du véhicule.

On fixe à cet effet une roue en aluminium sur les rayons de la roue avant. La machine magnéto est actionnée par l'intermédiaire d'un bracelet en caoutchouc. Cette magnéto est la partie la plus caractéristique de l'appareil. Elle est à courant alternatif et, de plus, à fer tournant. Dans ces conditions, l'induit étant fixe, il n'y a ni collecteur, ni bagues, ni balais, de sorte que les résistances variables de

Fig. 1.



contact ne sont pas à craindre. La partie mobile comprend un axe tournant au centre de l'induit fixe et portant, de part et d'autre de cet induit, deux petites pièces de fer calées à 180° et qui, se déplaçant entre les deux pôles de l'aimant de la magnéto, provoquent dans l'induit la production d'une force électromotrice alternative. Cette partie mobile ne pèse que quelques grammes et ne demande, par suite, qu'un effort insignifiant pour son entraînement.

La force électromotrice produite qui, comme on le sait, est proportionnelle à la vitesse, est mesurée à l'aide d'un petit voltmètre thermique dans lequel le fil chaud est un fil d'acier-nickel très dilatable (son coefficient de dilatation est 10 fois plus grand que celui du laiton). Ce voltmètre est absolument apériodique et la faible masse ($0^g,06$ environ) de la partie mobile le met à l'abri des détériorations par suite des trépidations.

Bien entendu, le cadran de cet indicateur galvanométrique est gradué directement en unités de vitesse (kilomètres à l'heure dans le cas des automobiles). Pendant le tarage de l'instrument, on tient compte de la petite perte de tour qui peut provenir de l'allongement dû au brin tendu du bracelet de caoutchouc.

L'expérience a démontré qu'en service la machine magnéto ne perd pas son aimantation par les trépidations. M. Arnoux signale à ce propos ce fait caractéristique que la théorie démontre et que l'on a vérifié en pratique : c'est que le courant débité par une machine magnéto tend à lui conserver son aimantation. C'est ainsi qu'avec les vieilles machines de l'Alliance on a souvent constaté qu'au repos ces machines perdaient leur magnétisme, tandis qu'en service, elles le conservaient indéfiniment. Inversement, on constate que le courant traversé par une magnéto, qui fonctionne comme moteur, tend à désaimanter cette machine.

L'indicateur de vitesse Chauvin et Arnoux peut être également employé sur les tramways. On rend alors l'appareil très précieux en le transformant en enregistreur. La feuille de l'enregistreur peut d'ailleurs recevoir en outre l'inscription kilométrique par l'emploi d'un deuxième galvanomètre qui reçoit un courant tous les kilomètres.

Enfin l'appareil peut encore servir de fréquencemètre, puisque, pour obtenir la fréquence d'un alternateur, il suffit de multiplier sa vitesse en tours par seconde par le nombre de paires de pôles.

L. Jumau.

ÉLECTROCHIMIE.

Galvanotechnique et Photographie, par JOSEPH RIEDER. (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. IX, p. 911, 19 novembre 1903.)

On sait qu'actuellement la photographie vient en aide à la galvanotechnique dans la fabrication des clichés d'imprimerie. L'auteur traite ici du problème inverse et recherche les applications possibles de l'électrochimie en général à la photographie et particulièrement à la photographie des couleurs.

Des dépôts anodiques nettement colorés peuvent être obtenus par une série de méthodes (les anneaux colorés de Nobili en sont le plus vieil exemple). L'auteur a cherché à obtenir avec ces colorations des images photographiques.

Il faut se rappeler que le sélénium est un corps qui jouit de la propriété d'avoir une résistance variable avec l'éclairement. D'autre part, on a constaté, dans les recherches sur les précipités anodiques colorés, qu'une plage d'une autre coloration apparaît aussitôt que la moindre trace d'impureté vient souiller une partie de la plaque métallique à colorer; c'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'on touche avec le doigt la plaque qui a été préalablement dégraissée avec soin, ou, d'une façon générale, si l'on fait varier en un point la résistance superficielle. Ainsi, des colorations différentes apparaissent lorsque la plaque est polie et possède quelques places encore rugueuses.

Par conséquent, si, au lieu de partir d'une plaque métallique, on prend une substance dont la résistance est fonction de la lumière, qu'on projette une image sur cette plaque soumise en même temps à l'action électrolytique, on doit s'attendre à voir apparaître sur cette même plaque une image, puisque le dépôt se forme plus ou moins rapidement selon la résistance [1].

La réalisation de ce principe n'est pas sans difficultés, non pas du côté de l'appareil, mais pour la préparation de la plaque sensible à la lumière et à l'électricité. Le sélénium est, en effet, un corps très incommode à employer et l'on ne connaît pas jusqu'ici de corps pouvant le remplacer. En outre, les recherches avec le sélénium sont assez coûteuses. Pour ces raisons, l'auteur a abandonné cette première question; mais il a recherché comment se comportent les colorations avec les images photographiques.

Dans ses essais, l'auteur revient à la daguerréotypie. Il prend une plaque d'argent pur dont il transforme la surface polie en iodure d'argent. Afin d'obtenir une couche bien uniforme, il opère un peu différemment de la méthode ordinaire; il dissout un peu d'iode dans l'éther de pétrole jusqu'à obtention d'une solution légèrement violette. La plaque d'argent plongée dans cette solution se recouvre aussitôt d'une couche sensible à la lumière. Au début, cette couche est jaune, elle devient ensuite rougeâtre, puis bleue et enfin jaune paille. Le premier ton rougeâtre et le deuxième ton jaune intense sont les colorations qui conviennent le mieux. Plus tard, la couche devient rouge puis verte. L'opération doit se faire dans une chambre tout juste éclairée pour qu'on puisse encore reconnaître les couleurs. La plaque est mise dans une assiette qui renferme la solution d'iode; on la retire souvent afin d'examiner la coloration prise par la couche d'iodure d'argent. Lorsqu'on a atteint le ton jaune désiré, on porte immédiatement la plaque entre deux feuilles de papier buvard ou on la plonge dans l'éther de pétrole pur.

Sans cette précaution, on obtiendrait, en laissant sécher, des plages rouges en certains points. La plaque est ensuite chauffée légèrement au-dessus d'une flamme à alcool afin d'évaporer tout l'éther. Ainsi préparée la plaque est placée dans un châssis sous un négatif; celui-ci peut aussi être coloré. L'exposition dure de 2 à 5 minutes au soleil et de 20 à 30 minutes à la lumière diffuse. Si l'on a choisi le deuxième ton jaune, l'image ne doit pas apparaître ou être excessivement faible. Si l'on a pris le premier ton rouge, on expose jusqu'à ce que l'image apparaisse nettement bleue.

La plaque est ensuite soumise aux vapeurs de mercure. On prend pour cela une grande boîte en tôle de fer-blanc au fond de laquelle on dispose une couche de mercure; l'image formant le couvercle, on chauffe à 50° C. environ. Après quelque temps l'image s'est développée; on la fixe soit dans l'hyposulfite de soude, soit dans le cyanure de potassium qui dissolvent l'iodure d'argent.

En opérant ainsi on devrait obtenir une image négative, puisque par la daguerréotypie l'image n'est pas inversée. En fait, ce n'est pas toujours le cas. Si l'on n'a pas poussé trop loin l'exposition aux vapeurs de mercure, on obtient un positif. Afin d'obtenir un tel résultat, ce qui paraît être la condition la plus favorable, il faut suivre les prescriptions suivantes pendant l'amalgamation.

Avec la plaque jaune, il faut quelque pratique pour atteindre le moment déterminé. La chose est plus facile avec l'image bleue apparente : on interrompt lorsque la plus grande netteté est obtenue En poussant plus loin, les contours disparaissent à nouveau parce que l'image commence à s'inverser et les points non exposés à la lumière se recouvrent aussi de mercure.

[1] Que les colorations obtenues correspondent exactement à celles de l'image, c'est là une autre question.

La plaque est alors lavée à l'eau pure puis placée comme anode dans le bain de coloration. Comme tel, l'auteur emploie presque exclusivement la solution connue d'oxyde de plomb dans la potasse caustique. On l'obtient en faisant bouillir 100g d'oxyde de plomb pendant 3 heures environ dans une solution de potasse caustique (100g de potasse caustique pour 0l,5 d'eau). Ainsi obtenue, la solution est trop forte; on la dilue jusqu'à ce qu'elle donne de belles colorations. La plaque est portée dans ce bain et sert d'anode; on ferme ensuite le circuit, mais pendant un instant seulement. On interrompt et l'on retire l'image pour voir si une belle coloration est apparue. On doit ordinairement répéter plusieurs fois l'opération. Pour qu'il ne se produise pas d'anneaux, il faut employer une cathode suffisamment grande ou la remuer avec l main. On doit d'ailleurs régler préalablement l'intensité et essayer l'ensemble avec une tôle métallique de même grandeur; l'appareil est réglé lorsqu'on a réussi à obtenir des tons réguliers sur toute la surface.

L'image, antérieurement en argent-mercure, s'est transformée en une image multicolore qui est très stable et ne nécessite plus aucun traitement qu'un lavage et un séchage. Malheureusement les couleurs ne s'accordent pas avec celles de l'original; les tons laissent même quelquefois à désirer parce que l'argent ne constitue pas un support très favorable et que l'argent et le mercure ne s'éloignent pas suffisamment l'un de l'autre dans la série des tensions. Les résultats seraient bien meilleurs si l'on pouvait transformer le mercure, par simple trempage dans une solution, en amalgame (de cuivre ou d'or, par exemple) sans que, simultanément, la surface d'argent pur se recouvre du même métal; mais l'auteur n'y est pas parvenu.

D'autres procédés étaient employés pour obtenir de meilleurs résultats. Dans un de ceux-ci, la plaque entière était recouverte de platine en la traitant à l'ébullition par une solution de chlorure de platine et de chlorure de sodium. Le procédé réussit très bien si, au lieu de plaques massives en argent, on utilise des tôles de cuivre argentées d'un côté par dépôt galvanique. L'image ne disparaît pas par cette opération. De telles images sur platine sont très intéressantes même non colorées, car elles sont absolument durables. En les portant dans le bain de coloration, on obtient des nuances magnifiques.

Un autre procédé est le suivant : On dore très facilement le daguerréotype par voie galvanique, ce qui fournit une image en or et amalgame d'or qui donne également des couleurs très vives. On peut aussi opérer le platinage par voie galvanique.

L'auteur a aussi essayé avec le nickel, car ce métal donne de belles couleurs; mais sans succès cependant, car le plus faible dépôt de nickel couvre trop fortement.

Tous ces procédés ne remplissaient pas d'ailleurs le but proposé, de produire sur un support d'argent pur un amalgame métallique. On y parvenait en recouvrant le daguerréotype d'un dépôt galvanique de cadmium. En portant ensuite la plaque dans une solution étendue d'acide sulfurique, on redissolvait le cadmium et l'image restait sous forme d'amalgame de cadmium. Malheureusement, le cadmium n'est pas très favorable et les colorations ne sont pas suffisamment vives.

Dans tous ces essais on ne réussit pas à obtenir les mêmes couleurs que celles de l'original. L'auteur a employé exclusivement des épreuves d'après des négatifs non teintés, sur verre, mais il n'a pas fait de recherches sur les daguerréotypes produits directement dans la chambre noire.

Si les résultats obtenus ne sont pas immédiatement applicables à la photographie, en revanche les applications à la décoration des métaux peuvent se développer. Il n'est pas nécessaire que les objets soient en argent; une argenture galvanique légère est tout à fait suffisante.

Dans le cours de ses recherches, l'auteur a fait une observation assez intéressante et qui explique bien pourquoi, dans le procédé de Daguerre, les particules de mercure ne se déposent que sur les parties qui ont été éclairées. On prend une plaque d'argent iodé et l'on tire sur elle une épreuve jusqu'à nette apparition de l'image, puis on introduit cette plaque comme cathode dans un bain acide de cuivre. En employant une faible densité de courant, le dépôt commence également sur les parties qui ont subi l'action de la lumière. Si l'on interrompt à temps le courant, on obtient une image en cuivre sur argent. C'est donc un phénomène semblable qui se produit ici. Malheureusement, la réussite dépend de certaines conditions qui ne sont pas encore bien déterminées. La question aurait un grand intérêt au point de vue pratique. On ferait aisément, en effet, des clichés d'impression en partant d'une plaque de cuivre argentée et polie sur laquelle l'image à reproduire se formerait en relief, comme il vient d'être indiqué. L. J.

DIVERS.

Chute de potentiel dans l'arc électrique, par G. SCHULZE. (*Drude's Annalen*, t. XII, p. 828-842, novembre 1903.)

L'auteur a étudié la chute de potentiel dans l'arc formé par la vapeur d'un grand nombre de métaux. Le fer, le nickel, le cuivre sont employés sous forme d'électrodes massives; les autres métaux placés dans

une coupelle creusée à la partie supérieure du charbon inférieur [1].

Quand l'anode est en plomb, en étain ou en bismuth, l'arc est stable et silencieux; si l'on prend ces métaux comme cathode, l'arc devient très bruyant et tourbillonne rapidement et ne peut être allongé au delà de 4mm sans s'éteindre tout d'un coup.

Entre deux électrodes en fer (ou en Cr, Mn, Co, Ni) se produisent deux arcs : l'un entre les métaux eux-mêmes, l'autre entre leurs oxydes. Le premier se maintient seulement quelques minutes, pendant qu'il existe encore sur la cathode des points non oxydés; cet arc est silencieux, de couleur bleu foncé. La différence de potentiel aux bornes est inférieure de 9 volts à celle de l'arc des oxydes.

Dans le cas du fer, les électrodes renferment FeO, Fe^2O^3, Fe^3O^4. L'arc des oxydes est sifflant.

Les deux électrodes se vaporisent, la cathode plus que l'anode. La différence de potentiel aux bornes croît moins vite que la longueur l de l'arc.

En mesurant séparément à l'aide d'une sonde la chute de potentiel entre l'anode et l'arc, e_a, puis entre l'arc et la cathode e_c, on trouve que e_a et e_c croissent moins vite que l. Les courbes

$$e_a = f_1(l), \qquad e_c = f_2(l)$$

sont plus rapprochées de l'axe des l quand elles se rapportent à l'électrode supérieure. En général, la première de ces courbes est au-dessus de la seconde, de 2,6 volts en moyenne.

Toutes choses égales d'ailleurs, e_a décroît quand le poids atomique du métal augmente, pour les métaux appartenant à l'un des groupes de Mendeleef. Ceci suppose, bien entendu, que l'anode seule fournit tout le gaz qui forme l'arc.

La valeur de la chute totale de potentiel

$$e = e_a + e_c$$

dépend de la quantité de chaleur qu'on enlève aux électrodes : plus cette quantité est grande, plus e est grand.

Les électrodes de cuivre, refroidies par un courant d'eau, permettent de suivre aisément les variations de e dues à cette circonstance; mais avec le fer la variation est insensible, sans doute parce que le fer se recouvre d'un oxyde qui conduit mal la chaleur.

Lorsque l'arc est très court, e est indépendant de l'intensité du courant : quand l'arc est long, e_a diminue quand l'intensité augmente, mais moins vite; e_c diminue moins (ou même pas du tout, comme avec Fe^3O^4).

L'arc est formé par les vapeurs des électrodes et sa température doit être la température d'ébullition de la matière des électrodes.

Pour entretenir cette température constante, il faut que l'électrode au point d'attache de l'arc reçoive autant de chaleur qu'elle en perd par rayonnement, par conduction et en dépense pour la vaporisation.

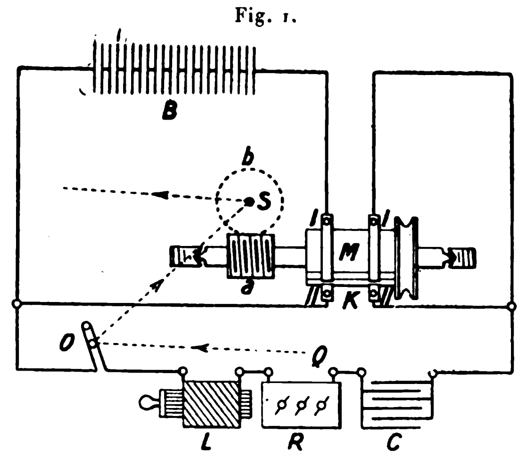
Cette manière de voir rend compte des faits observés. M. L.

[1] Le plomb, l'antimoine, l'étain, le bismuth, l'argent entrent au bout de quelques minutes en vive ébullition : mais leur surface reste exempte d'oxyde. Le fer, le cuivre, le nickel, le manganèse, le chrome, le cobalt, le magnésium s'oxydent bientôt; pour le cadmium et le zinc, on emploie tout de suite l'oxyde; pour le potassium, le sodium, le baryum, le strontium, le calcium on prend les carbonates.

Étude et représentation objective des courants de charge et de décharge des condensateurs, par F. WITTMANN. (*Drude's Annalen*, t. XII, p. 805-814, novembre 1903) [1].

Par une disposition convenable de l'appareil on peut obtenir simultanément, pendant un temps aussi long qu'on le désire, la courbe du courant de charge et celle du courant de décharge (*fig.* 1).

Fig. 1.



B source d'électricité; I, I ressorts de contact venant toucher la bande de métal M sur le cylindre tournant K et fermant alors le circuit comprenant le condensateur C, l'oscillographe O, une bobine de self-induction L, et un rhéostat R; le courant de charge traverse O, L et R. II, II autres ressorts de contact : en touchant M, ils provoquent la décharge du condensateur à travers O, L, R.

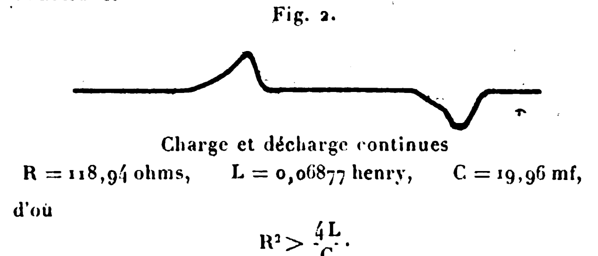
Le cylindre K, tournant autour d'un axe horizontal, communique au miroir plan S une rotation autour d'un axe vertical. Ce miroir reçoit le faisceau lumineux provenant d'un source Q et réfléchi sur le miroir de l'oscillographe. La trace de ce faisceau sur l'écran décrit les courbes cherchées.

Pour faire défiler les courbes devant l'œil au lieu de les projeter toujours en un même point, on peut employer le miroir polygonal de Fröhlich ou bien,

[1] Cf. *Écl. élect*. t. XXXVII, p. 5, octobre 1902.

comme dans les oscillographes complets d'Abraham, de Blondel, de Duddell, un miroir plan carré, effectuant un mouvement alternatif autour d'un axe vertical, mouvement commandé par le cylindre tournant.

Fig. 2.



Charge et décharge continues

R = 118,94 ohms, L = 0,06877 henry, C = 19,96 mf,

d'où

$$R^2 > \frac{4L}{C}.$$

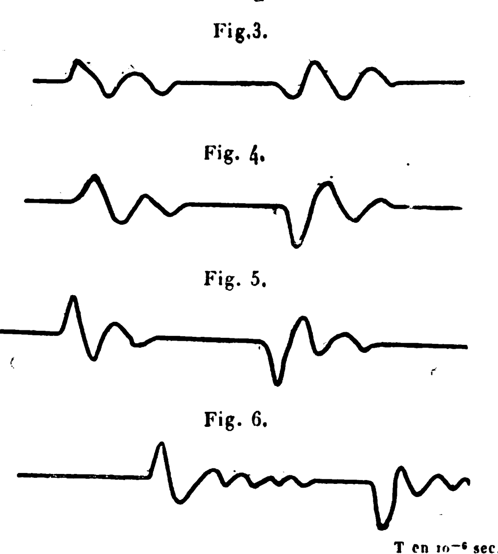


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

	F. e. m.	C mf.	L henrys.	R ohms.	T en 10^{-6} sec. Calc.	T en 10^{-6} sec. Obs.
Fig. 3.....	10^{acc}	19,96	0,0696	0,94	3701	3670
» 4.....	10	19,96	0,05237	5,94	3205	3000
» 5.....	10	9,98	0,04326	10,94	2060	2110
» 6.....	5	15,00	0,01453	10,94	1465	1480

En faisant varier progressivement L par l'introduction d'un noyau de fer dans la bobine, on fait voir d'une manière très nette le passage de la charge et de la décharge continues, à la charge et à la décharge oscillatoires. M. L.

Effet de la température du gaz sur l'ionisation produite par les rayons de Rœntgen, par Mc CLUNG. (*Philosophical Magazine*, 6e série, t. VII, p. 81-95, février 1904.)

Le faisceau de rayons de Rœntgen, fourni par un tube à régulateur de pression automatique et limité par un diaphragme circulaire, passe entre deux électrodes planes, parallèlement à leur plan. L'une de ces électrodes est reliée à une batterie d'accumulateurs, l'autre à l'électromètre. Si la différence de potentiel est suffisante pour que les ions soient attirés avant d'avoir eu le temps de se recombiner, la charge accusée par l'électromètre est proportionnelle au nombre d'ions produits pendant 1 seconde.

Les comparaisons ne sont possibles que si l'intensité du faisceau est invariable; on le vérifie à l'aide d'un dispositif analogue, mais maintenu à la température ambiante.

Le gaz peut être chauffé sous pression constante ou sous volume constant. Dans le premier cas, il faut tenir compte de la variation de densité; d'après les mesures de Perrin, confirmées par celles de Rutherford et de Mc Clung, l'ionisation est, toutes choses égales d'ailleurs, inversement proportionnelle à la densité du gaz.

Dans l'air et le gaz carbonique, l'ionisation est indépendante de la température; il semble en être de même dans l'hydrogène. Les expériences relatives à l'hydrogène sont incertaines, à cause de la difficulté de rendre les récipients étanches. M. L.

Propriétés magnétiques du basalte; influence de la température, par G.-E. ALLAN. (*Philosophical Magazine*, 6e série, t. VII, p. 45-61, janvier 1904.)

Le basalte subit, quand on le chauffe, des changements de constitution moléculaire qui entraînent une variation des propriétés magnétiques. Cependant, après cinq ou six cycles de température, les propriétés magnétiques deviennent à peu près constantes.

L'effet de la température varie avec la provenance des échantillons. En général la susceptibilité croît d'abord avec la température, atteint un maximum et décroît ensuite jusqu'à devenir très faible entre 600° et 700°. La courbe correspondant au refroidissement diffère parfois notablement de celle qui correspond à la chauffe. Sur certains échantillons, on observe deux maximums.

En examinant les échantillons au microscope, on ne constate pas de changement dans les constituants magnétiques sous l'action de la température, mais seulement dans les produits de décomposition, chlorite et serpentine.

La susceptibilité initiale est de l'ordre de 0,0055, et peut atteindre, par le chauffage, 0,009.

En admettant que la température croît de 1° par 30^m de profondeur, il faudrait supposer une couche de basalte de 16^{km} pour expliquer les perturbations magnétiques du champ terrestre dans la direction verticale, la surface étant à 4^{km} au-dessous de la surface terrestre. En admettant que cette couche soit formée de magnétite, on est conduit à une épaisseur du même ordre de grandeur. M. L.

BREVETS D'INVENTION (¹).

BF. Brevet français. — BP. Patente anglaise. — DRP. Patente allemande. — USAP. Patente des États-Unis.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

SIEMENS ET HALSKE. — Machines électriques. DRP. 149505, 11 décembre 1902.

ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. — Dynamo électrique. BP. 7384, 1903.

CREIGHTON. — Générateur magnéto-électrique. USAP. 751616, 13 mai 1903.

LAVO. — Machine dynamo différentielle à courant continu, génératrice ou réceptrice. BF. 337134, 27 novembre 1903.

LOGAN. — Dynamos. BP. 1259, 1903.

RUSHMORE. — Dynamo. USAP. 751563, 26 juin 1903.

BRAGSTAD. — Machine à courant alternatif. BP. 3704, 1903.

ZIEHL. — Excitation des machines à courants alternatifs et à champ tournant. DRP. 149241, 21 janv. 1903.

BERRY ET THE BRITISH ELECTRIC TRANSFORMER MANUFACTURING CY. — Transformateur. DRP. 149636, 9 janvier 1902.

ELEC. G. LAHMEYER ET Cº. — Transformateur. DRP. 149761, 26 août 1902.

EVEREST. — Transformateur. USAP. 750525, 11 août 1902.

KOCH. — Transformateur. BP. 14994, 1903.

SPLITDORF. — Bobine d'induction. USAP. 752008, 15 juillet 1902.

VARLEY. — Bobine de Ruhmkorff. USAP. 750039, 21 août 1903.

MASSON. — Système de trembleur pour bobine d'induction. BF. 337359, 17 février 1903.

MERIAM ET CRIST. — Groupe électrogène pour la charge des accumulateurs. USAP. 750876, 25 juillet 1902.

HEWLETT. — Dispositif de contrôle pour survolteur. USAP. 750972, 31 août 1900.

A.-G. MAGNETA. — Inducteur. DRP. 149180, 28 juin 1902.

SIEMENS ET HALSKE. — Inducteur. DRP. 149242, 5 avril 1903.

TELL. — Inducteur. DRP. 149200, 9 décembre 1902.

ELECTRICITÆTS GES. ALLIOTH. — Champ magnétique. DRP. 149506, 21 juillet 1903.

KALER. — Carcasse de bobine de champ. USAP. 750980, 5 août 1902.

PEARSON, GUTCHEON AND WILLIAMSON. — Protecteurs pour enroulements électriques. BP. 25677, 1903.

BECK. — Porte-charbon. DRP. 149612, 23 mars 1903.

RIGNON. — Porte-charbon. DRP. 149349, 13 février 1903.

BRYAN. — Pile. USAP. 750250, 28 septembre 1903.

COLLETAS. — Électrode de pile. DRP. 149681, 25 avril 1901.

DELAFON. — Pile. DRP. 149729, 28 mars 1902.

LOWENSTEIN. — Élément galvanique. DRP. 149730, 31 juillet 1902.

VON HARDTMUTH. — Plaque en charbon pour piles. BF. 337167, 28 novembre 1903.

ASHCROFT. — Accumulateur. BP. 12083, 1903.

ASKEW. — Plaque d'accumulateur. USAP. 751772, 20 mai 1903.

BIJUR. — Plaque d'accumulateur. USAP. 751046, 31 mars 1902.

BOBINSKY (VLADIMIR DE). — Accumulateur. USAP. 12195, 26 octobre 1903.

Cie FRANÇAISE DE L'AMIANTE DU CAP. — Nouveau dispositif d'accumulateur du type Faure. BF. 337133, 27 novembre 1903.

FELDKAMP. — Accumulateur. BP. 9571, 1903.

FIELDLER ET GÉRARD. — Nouveau système de cathodes pour piles ou accumulateurs électriques. BF. 337420, 20 décembre 1903.

FRANK. — Plaque d'accumulateur. USAP. 749785, 2 mai 1903.

MADIGIN. — Accumulateur. BP. 870, 1903.

POTTER. — Accumulateur. BP. 23490, 1903.

MICKA. — Réglage de charge pour accumulateur. DRP. 149459, 2 avril 1903.

WILLIAMS. — Réducteur de décharge électrique. BP. 175, 1903.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

BACON. — Transmission magnétique de force. DRP. 149597, 8 avril 1899.

HALLBERG. — Distribution électrique. USAP. 750454, 16 octobre 1903.

JONES. — Répartition d'énergie électrique. DRP. 149759, 3 septembre 1901.

LAMAR LYNDON. — Distribution électrique. USAP. 750471, 750549, 750550, 17 et 22 janvier, 18 juillet 1903.

PECK. — Système de distribution. USAP. 751549, 1er mai 1903.

RIEDER. — Courant électrique alternatif. BP. 28071, 1902.

SPERRY. — Distribution électrique. USAP. 750497, 750500, 5 décembre 1902 et 1er juillet 1903.

CHESNEY. — Isolateur. USAP. 751459, 14 janvier 1903.

LINDAL. — Isolateur. USAP. 751739, 31 mars 1903.

(¹) Tous les brevets mentionnés ici ont été récemment déposés (en France) ou acceptés (à l'étranger). La date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

Les listes de brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier).

LYMAN. — Isolateur. USAP. 751664, 4 avril 1902.

MAHONEY. — Isolateur. USAP. 751743. 1er déc. 1902.

ASPINALL AND DALLAS. — Conducteur. BP. 3042, 1903.

ALLGEMEINE ELECTRICITÆTS GES. — Conducteur. DRP. 149238, 14 novembre 1902.

BLACKLER. — Conduite flexible. USAP. 751777, 14 mars 1903.

FELTEN ET GUILLAUME. — Conduites. DRP. 149760, 1er novembre 1902.

UNION ELECTRICITÆTS GES. — Conducteurs. DRP. 149757, 18 novembre 1902.

WHERRY. — Conducteur. USAP. 750509, 3 novembre 1902.

ANDERSON. — Enveloppe de fil. USAP. 750563, 30 avril 1903.

DAUNCEY. — Joint. BP. 7955, 1903.

EVERHART ET DOSSERT. — Raccord pour câbles électriques. BF. 337186, 30 novembre 1903.

HOFFMANN. — Liaison de câble. USAP. 749988, 749989, 31 juillet 1902 et 8 décembre 1902.

MUNRO. — Liaison électrique BP. 2930, 1903.

SIEMENS ET HALSKE. — Joints. DRP. 149504, 18 juillet 1902.

STEINBERGER. — Liaison. USAP. 750723, 22 juin 1903.

WOODYER AND MAYNER. — Joint. BP. 3957, 1903.

KINE. — Fixation des fils électriques. USAP. 749867, 31 mars 1902.

VILLARD. — Attache pour câble. USAP. 751228, 5 août 1902.

FOGLESONG. — Isolant. USAP. 750179, 14 sept. 1903.

SCHOMBURG JR. — Isolant DRP. 149682, 7 février 1903.

STEINBERGER. — Isolant. USAP. 750722, 25 mai 1903.

BELL. — Commutateur. USAP. 749835, 29 mai 1903.

CLARK. — Commutateur. USAP. 749919, 3 janv. 1903.

ELECTRIC STORAGE BATTERY COMPANY. — Commutateur. BP. 11323, 1903.

FAUVIN, AMIOT ET CHENEAUX. — Applique commutateur à résistance variable et à lecture directe et ses applications. BF. 337181, 30 novembre 1903.

GRAIG. — Commutateur. BP. 2746, 1903.

HEYLAND. — Commutateur. BP. 117, 1903.

IRISH. — Commutateur. USAP. 751174, 23 juillet 1902.

JOHNSON-LUNDELL ELECTRIC TRACTION CY. — Commutateur. DRP. 149100, 25 octobre 1902.

HARTMANN ET BRAUN ACT. GES. — Commutateur. DRP. 149099, 28 janvier 1903.

HASKINS. — Commutateur pour circuits d'arcs en série. USAP. 750971, 22 août 1902.

LOMAR ET TOMLINSON. — Commutateur. DRP. 149608, 16 décembre 1902.

LOWE. — Commutateur. USAP. 751084, 17 janvier 1902.

MONSON. — Commutateur. USAP. 750993, 25 juillet 1901.

PARSONS. — Commutateur. BP. 6540, 1903.

PIEPER. — Commutateur. BP. 28857.

RICHARDS. — Commutateur. DRP. 149717, 3 déc. 1901.

WINTER. — Commutateur. DRP. 149098, 21 avril 1903.

WRIGHT ET WHITE. — Commutateur. USAP. 751597, 13 juin 1903

ZIPERNOWSKY. — Commutateur DRP. 149660, 15 avril 1902.

CALLENDER'S CABLE AND CONSTRUCTION COMPANY, LIMITED, AND WARD. — Coupe-circuit. BP. 1054, 1903.

ELEKTRIZITÆTS AKTIEN GESELLSCHAFT WORM. W. LAHMEYER UND C°. — Coupe-circuit. BP. 26380, 1903.

MIES. — Coupe-circuit. BP. 3983, 1903.

PHILIPS. — Coupe-circuit. USAP. 750244, 9 janvier 1903.

VERNER. — Coupe-circuit. USAP. 751227, 28 août 1902.

ALLGEMEINE ELECTRICITÆTS GES. — Interrupteur. DRP. 149239, 2 mai 1903.

COLE. — Interrupteur à huile. USAP. 750811, 29 avril 1903.

DIATTO. — Interrupteur magnétique. DRP. 149288, 4 octobre 1902.

ELECTRICITÆTS GES. SANITAS. — Interrupteur. DRP. 149202, 10 mai 1903.

GRIVOLAS. — Interrupteur électrique à index. BF. 337267, 5 décembre 1903.

TENNER. — Interrupteur. DRP. 149240, 26 juin 1903.

READ. — Boîte pour fusible. USAP. 751012, 1er avril 1901.

GENERAL ELECTRIC C°. — Rhéostats. BP. 5169, 1903.

MECHWART, COLTRI AND C°. — Résistance. BP. 4727, 1903.

PAUL. — Résistance électrique. BP. 4388, 1903.

CHESNEY. — Parafoudre. USAP. 751460, 8 août 1903.

ELECTRIC. G. LAHMEYER ET C°. — Dispositif de sûreté pour haute tension. DRP. 149779, 17 mars 1903.

THOMAS. — Dispositif de sûreté pour courants à haute tension. DRP. 149332, 9 novembre 1902.

ADAMS. — Dispositif de protection et coupe-circuit pour éviter le renversement du courant. USAP. 751441 et 751442, 25 juin 1903.

WILSON. — Protecteur pour feeders parallèles. USAP. 751595, 16 juillet 1903.

ADLER. — Régulateur. DRP. 149408, 27 mai 1903.

BROWN, BOVERI ET C°. — Régulateur. DRP. 149102, 18 décembre 1902; 149610, 149611, 26 et 28 avril 1903.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. — Régulateurs. BP. 27773, 1902.

ILGNER. — Réglage de la prise de courant. DRP. 148103, 2 avril 1902.

INTERNATIONAL ELECTRIC CONTROLLER CY. — Régulateur de courant. BF. 335712, 2 octobre 1903.

MC DONNELL. — Régulateur de courant. DRP. 147557, 18 février 1903.

SCHWEIZER. — Régulateur de tension. DRP. 148087, 1er mai 1903.

COMPAGNIE DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE ET MÉCANIQUE. — Dispositif pour limiter les différences de tension entre les bâtis des générateurs et autres appareils et les circuits de distribution. BF. 333955, 15 juillet 1903.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES PROCÉDÉS J.-L. ROUTIN POUR LE COMPOUNDAGE ÉLECTROMÉCANIQUE DES GROUPES ÉLECTROGÈNES. — Régulateur électromécanique. BF. 337333, 9 novembre 1903.

STUART. — Régulateur. DRP. 149386, 30 octobre 1902.

DEUTSCH. — Changeur de pôles pour dynamo. USAP. 751474, 10 novembre 1902.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Essais industriels des machines électriques et des groupes électrogènes (Conférences de l'École supérieure d'Électricité), par F. LOPPÉ. Un vol. in-8 ($25^{cm} \times 16^{cm}$), de VI-283 pages avec 129 figures. Gauthier-Villars, éditeur. — Prix : broché, 8 fr.

Si un Traité sur les essais des machines électriques industrielles ne devait intéresser que les spécialistes de la construction, il faudrait le regretter, car l'important travail de M. Loppé doit avoir une portée plus étendue.

Sans doute, le souci de surveiller et d'améliorer leur production amène les constructeurs à étudier d'une manière approfondie les conditions de fonctionnement de certaines des machines qui passent à la plateforme d'essais, mais, le plus généralement ensuite, ils se bornent à des mesures comparatives.

Les consommateurs, plus peut-être que les producteurs, ont à se renseigner sur les méthodes d'essais. Ils ont, en effet, à commander et à réceptionner des machines et il leur faut savoir à la fois ce qu'ils peuvent exiger dans leurs cahiers des charges, et comment ils peuvent vérifier si ce qui leur est livré répond aux conditions de leur commande.

Le client doit imposer deux ordres de garanties pour une machine : garanties de construction et garanties de fonctionnement.

Au premier groupe se rattachent les questions de matière première et surtout d'isolement. La mesure de l'isolement d'une machine, fût-elle même faite à chaud, n'a qu'un intérêt relatif, et elle doit être toujours complétée par l'application d'une haute tension alternative, qui fait céder les points faibles s'il y en a et qui met pour un instant l'appareil dans les conditions où des surélévations de tension dues à la self ou aux décharges atmosphériques peuvent accidentellement la placer.

Il faut encore demander aux organes des dynamos, qui sont constituées d'éléments très peu mécaniques, une résistance absolue aux déformations, même dans les cas de surcharge de vitesse.

Viennent en second lieu les garanties de fonctionnement. Pour toutes les machines, l'échauffement et le rendement aux différents régimes, et de plus, pour les appareils à courants alternatifs, la chute de tension, sont les points sur lesquels l'attention doit se porter la plus vive. Ce sont toutes questions qui influent sur le prix de vente des machines, et qui ont une importance très grande aussi pour la marche correcte et économique des installations.

Parfois les cahiers des charges imposent des pénalités ou reconnaissent des primes lorsque les chiffres réels s'écartent des valeurs imposées. Le choix de la méthode d'essais vient donc alors se compliquer de la connaissance du degré d'exactitude, autrement dit, des erreurs systématiques et des erreurs d'expériences que comportent chacune d'elles.

L'Institut américain des Ingénieurs électriciens et l'Association des Electrotechniciens Allemands ont établi des règles qui tendent à unifier les spécifications de puissance et les conditions d'épreuve des machines. En France, des raisons d'ordres divers ont retardé ce résultat heureux, mais il faut se garder d'en inférer que notre construction est inférieure à ce qui vient du dehors, ni que les industriels français ont à appréhender de confier leurs commandes aux constructeurs de France.

C'est à tous ces titres que l'Ouvrage de M. F. Loppé mérite de figurer dans la bibliothèque de tout ingénieur, et le meilleur témoignage d'estime à lui donner est de l'y mettre en bonne place, à côté du remarquable cours que professe aussi M. P. Janet à l'École supérieure d'Électricité. JACQUES GUILLAUME.

L'Électricité dans les mines en Europe, par E. GUARINI. Une brochure, 46 pages. Ramlot, éditeur, 25, rue Grétry, Bruxelles. Prix : 5 fr.

L'électricité joue aujourd'hui un rôle important dans les installations minières. Passer en revue les nombreuses applications qu'elle y trouve est le but de cet Ouvrage.

Dans la première Partie l'auteur expose quelques considérations générales sur la nature du courant, le type de moteurs, l'installation des usines génératrices, etc. ; dans la seconde il s'occupe des applications : pompes d'épuisement, ventilateurs, perforatrices, locomotives, etc.

L'Ouvrage est illustré de 30 vues photographiques, mais ne renferme aucun dessin d'appareil ; c'est plutôt un Ouvrage de vulgarisation qu'un Ouvrage technique. Il rendra néanmoins service aux ingénieurs en les mettant rapidement au courant des applications actuelles de l'électricité dans les mines européennes. J. R.

État actuel du labourage électrique, par E. GUARINI. Une brochure, 16 pages. Extrait du *Génie civil*. En vente à la librairie Ramelot, 25, rue Grétry, Bruxelles. Prix : 2 fr.

La Télégraphie sans fil. L'Œuvre de Marconi, par E. GUARINI. Une brochure, 64 pages. Traduit du *Scientific American*, de New-York. En vente à la librairie Dunod, 49, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : 2 fr. 50.

L'Électricité en agriculture (Conférence faite à la Société centrale d'Agriculture de Belgique), par E. GUARINI. Une brochure gr. in-8°, 14 pages. Édité par *L'Éclairage électrique*, 40, r. d. Écoles. Prix : 1 fr. 25.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Stérilisateur électrique du Dr Wiart.

La stérilisation des instruments de chirurgie demande pratiquement qu'ils soient laissés pendant 45 minutes à la température de 160°. Cette stérilisation s'obtient d'une manière courante par la chaleur sèche à une température qui varie de 160° à 180°.

Les stérilisateurs à air chaud (tels ceux de Péan, Poupinel, etc.) sont chauffés le plus généralement au gaz; ce sont en quelque sorte des étuves à paroi double dans lesquelles on introduit les boîtes de chirurgie contenant les instruments à aseptiser.

Cette méthode de chauffage présente quelques inconvénients. Elle exige le chauffage complet de l'appareil, même lorsqu'il ne s'agit que d'un petit nombre d'instruments à stériliser et occasionne donc une dépense relativement considérable. De plus, l'appareil doit être toujours placé dans une pièce spéciale, parce que la combustion du gaz dégage une grande quantité de chaleur et des gaz délétères en même temps qu'elle produit sur les parois de la pièce une abondante condensation de vapeur d'eau. Enfin, le chauffage au gaz ne permet pas un réglage suffisamment précis de la température (1).

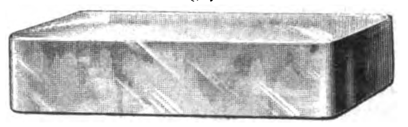
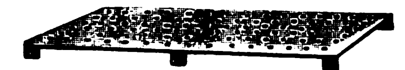
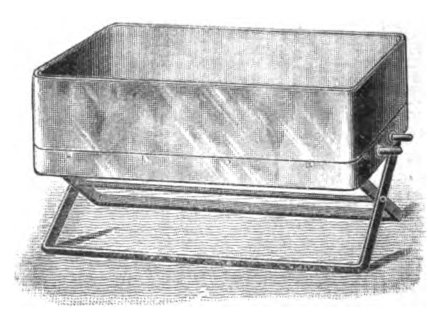
D'autre part, la température n'est pas uniforme dans l'étuve et les températures des différentes boîtes sont loin de concorder avec celle de l'air intérieur, indiquée par le thermomètre qui sert à suivre et régler la marche de l'appareil (2).

Le stérilisateur à chauffage électrique du Dr Wiart évite ces inconvénients et, en particulier, donne une température ne pouvant varier qu'entre des limites très étroites sans exiger l'emploi de dispositifs de régulation coûteuse.

L'appareil (*fig.* 1) est constitué par une boîte de chirurgie ordinaire présentant un double fond dans lequel est logé le système électrique chauffant. La boîte à stériliser, nickelée ou de préférence en nickel pur, est soigneusement entretenue à l'état poli.

Pendant la stérilisation la boîte est supportée par un pied spécial, laissant pour ainsi dire toute la surface abandonnée au refroidissement extérieur. Cette disposition a l'avantage de présenter une surface de refroidissement constante, avec un état superficiel invariable.

Fig. 1.

Le fait est capital car l'appareil est établi de façon qu'à partir de 170° pour une température ambiante de 15° la perte par rayonnement et conductibilité avec le milieu ambiant est égale à la quantité apportée par le système électrique, de sorte que cette température de 170°, une fois atteinte, se maintient indéfiniment, à quelques degrés près. Dans tous les cas la température ne peut pas atteindre 180°.

Le polissage de la surface du stérilisateur, facile à maintenir, lui donne un très faible pouvoir émissif et réduit au minimum la puissance à fournir pour réaliser cet équilibre; la consommation est assez faible pour que l'appareil puisse être employé sur une canalisation quelconque; en effet, pour une boîte d'assez grandes dimensions, telle que la boîte de 30cm × 15cm, la consommation n'atteint pas 200 watts.

La température d'équilibre, ou du moins la température de 160°, est obtenue en 45 minutes environ. L'opération doit donc durer une heure et demie pour assurer une stérilisation parfaite, mais l'appareil présente cet avantage capital que, quelle que soit la durée de chauffage, fût-elle de plusieurs jours, la température n'atteint jamais celle à laquelle les instruments de chirurgie peuvent être altérés; il n'est donc besoin d'aucune surveillance et l'oubli d'arrêter le courant n'entraîne qu'une dépense d'électricité sans occasionner aucun autre dommage.

(1) Il faut, en effet, maintenir la température des instruments entre deux limites assez voisines; la température ne doit pas être inférieure à 160° pour assurer la stérilisation et, d'autre part, elle ne doit pas être trop élevée pour ne pas bleuir l'acier des bistouris ou même, plus simplement, en altérer le tranchant. Il faudrait donc pouvoir disposer d'un régulateur automatique, mais ceux dont on dispose semblent n'avoir pu donner satisfaction si l'on s'en rapporte à la phrase suivante du *Traité de petite Chirurgie*, de CHARASSE (p. 66) : « Le mode de réglage à la main, bien qu'il nécessite un peu de surveillance et d'adresse, a paru très supérieur au réglage automatique par les divers types de régulateurs connus dont le fonctionnement est irrégulier et ne donne souvent qu'une régularité trompeuse. »

(2) « Il faut tenir compte de la conductibilité des métaux; la portion de l'étuve exposée à la flamme du gaz transmet à la boîte inférieure une température supérieure à celle qu'atteint la boîte de l'étage supérieur. Aussi n'est-il pas rare de voir retirer du stérilisateur des bistouris complètement détrempés. » (TUFFIER et DESFOSSES, *Traité de petite Chirurgie*, p. 78.)

Le stérilisateur Wiart présente, en outre, d'autres commodités : c'est dans la boîte même où il doit les emporter que le chirurgien stérilise ses instruments; il n'est donc pas besoin d'appareil spécial et cependant le poids de la boîte n'est pas notablement accru. La boîte placée sur son pied peut être disposée dans n'importe quelle pièce, sur une table quelconque, sans qu'il y ait à craindre le moindre inconvénient.

La boîte à stériliser peut encore être employée comme toute autre boîte de chirurgie. On peut, en effet, la placer sans crainte de détérioration dans les stérilisateurs à air chaud fonctionnant au gaz.

On peut stériliser les instruments par ébullition dans de l'eau additionnée de carbonate de soude, soit en les chauffant par une source extérieure telle que le gaz ou l'alcool, soit en utilisant le système électrique même pour produire cette ébullition. La stérilisation des compresses et tampons y sera obtenue de la même manière en plongeant ceux-ci dans l'eau pure ou mieux dans l'eau additionnée de chlorure de sodium.

Enfin, la boîte peut servir de plateau pour recevoir les instruments flambés à l'alcool, les solutions antiseptiques, etc. G. Goisot.

Société internationale des Électriciens.

A la dernière séance, du mercredi 2 mars, M. Chaumat présente un intéressant appareil imaginé par M. Routin pour la mesure de l'angle de déphasage de la tension et appelé par l'inventeur *Électrogoniomètre;* le conférencier, qui a eu l'occasion d'essayer cet appareil au Laboratoire central d'Électricité, en donne, malgré l'aridité du sujet qui exige le développement d'assez longs calculs, une description fort claire et fait connaître ensuite les résultats de ses essais. Un compte rendu de cette Communication est publié page 148 de ce numéro.

M. Arnoux décrit ensuite un *Indicateur électromagnétique de vitesse à distance,* spécialement étudié pour mesurer la vitesse des automobiles, mais qui peut recevoir d'autres applications. Nos lecteurs trouveront cette description page 149.

Dans une troisième Communication, *Sur la terminologie électrique,* M. Hospitalier, à l'occasion du prochain Congrès des Électriciens qui doit se tenir à Saint-Louis, émet différentes propositions relatives aux appellations des grandeurs et unités électriques. Il proteste véhémentement et avec juste raison contre la confusion que certains auteurs continuent à faire entre les grandeurs et leurs unités. Il combat certaines expressions de grandeurs forgées en partant du nom de l'unité (voltage, par exemple) et qui n'ont même pas pour elles l'excuse d'un manque de noms pour les désigner. Enfin, il demande de créer des mots nouveaux relatifs aux différentes unités C. G. S. qui n'en possèdent pas encore et d'adopter comme règle générale, pour les grandeurs dites *spécifiques,* celle qui consiste à prendre comme adjectif la grandeur dont on considère l'unité (par exemple, énergie massique quand on rapporte l'énergie à l'unité de masse, capacité surfacique lorsqu'on veut désigner la capacité rapportée à l'unité de surface, etc.).

Souhaitons bonne chance à toutes ces propositions ainsi qu'à celle de l'unification des symboles et abréviations, et attendons l'âge d'or où tous les électriciens pourront enfin se comprendre aisément sur les questions électriques. Peut-être sera-ce un pas en avant dans la voie de la langue auxiliaire universelle. L. J.

Société française de Physique.

La séance du vendredi 4 mars 1904 débute par une communication de M. Raveau sur une *Démonstration élémentaire de la règle des phases.*

Quatre communications se rapportant à l'Électricité sont ensuite présentées par MM. Pellat, Crémieu, Lemoine et Guillaume.

M. H. Pellat a reconnu *le Rôle des corpuscules dans la formation de la colonne anodique des tubes à gaz raréfiés.*

La différence qu'on observe dans les tubes de Geissler, entre la gaine cathodique et la colonne anodique, est parfois assez grande pour faire supposer que les deux luminescences sont dues au choc de projectiles différents. M. Pellat a recherché si, conformément à une hypothèse de J.-J. Thomson, la lueur anodique n'était pas due, aussi bien que la lueur cathodique, au choc des particules négatives.

Un long tube à gaz raréfié sépare deux bobines égales et de même axe qui le touchent; sur une longueur de $0^m,07$, on obtient un champ magnétique uniforme de 200 à 300 C. G. S. qui tombe brusquement à 80 en dehors des bobines. Dans ce champ, trop faible pour déterminer les phénomènes de magnétofriction précédemment étudiés par l'auteur, il est évident que le sens de la marche des particules doit être révélé par les particularités suivantes :

Les particules commencent à être déviées lorsqu'elles entrent dans le champ; le faisceau se condense d'un côté du tube, puis s'épanouit de nouveau, de façon à remplir tout le tube à partir du moment où il sort du champ magnétique : l'expérience, que M. Pellat répète devant la Société, montre que les corpuscules négatifs seuls sont en jeu.

Une analyse plus complète du phénomène, basée sur la considération de la trajectoire cycloïdale d'un corps chargé placé dans un champ électrique et dans un champ magnétique et qui tient compte du fait que la masse des corpuscules négatifs est au moins 2000 fois plus faible que celle des ions positifs, permet de prévoir la forme exacte que doit prendre, dans l'hydrogène aussi bien que dans l'oxygène, le faisceau étranglé, suivant qu'il est constitué par des particules positives ou négatives. Le choix, dicté par la position générale de l'étranglement relativement au champ magnétique, est confirmé par l'examen complet du phénomène.

M. V. Crémieu présente un *Stato-voltmètre, mesurant de 2000 à 40 000 volts en équilibre stable.*

L'attraction électrostatique est exercée sur un cylindre de 6^{cm} de diamètre intérieur, fixé à une extrémité d'un levier horizontal suspendu à un fil de torsion, par un cône dont l'axe coïncide avec celui du cylindre dans la position d'équilibre et qui peut glisser le long d'une tige coaxiale. La base du cône a 59^{mm} de dia-

mètre; à l'une des extrémités de sa course, il est intérieur au cylindre et les deux plans de base coïncident; on peut déplacer le cône, en l'éloignant du cylindre, de 7^{cm}. Le cylindre est au sol, le cône est à la source dont on mesure le voltage.

L'autre bras du levier porte une bobine parcourue par un courant qui est attirée par une bobine fixe. Les deux forces antagonistes obéissent, avec la forme adoptée pour le cône, à des lois de même forme et l'équilibre est toujours stable. La force attractive varie de 20 à 1 pour un même voltage, suivant la position du cône.

Pour faire les mesures, après avoir amené les deux bobines à quelques dixièmes de millimètre de distance, on donne au cône une position en rapport avec le voltage à mesurer et on le charge. On rétablit l'équilibre en lançant le courant dans les bobines, qui sont en série; le voltage est proportionnel à l'intensité, ou, pour une même pile, en raison inverse de la résistance du circuit.

En chargeant le voltmètre avec la pile qui fournit le courant aux bobines compensatrices, on peut étalonner l'appareil, si l'on connaît la résistance du circuit et l'intensité en valeur absolue; le produit de ces quantités donne le voltage.

On opère pour trois positions du cône.

L'appareil, construit très habilement par MM. Pellin, est présenté à la Société.

M. LEMOINE expose les résultats qu'il a obtenus, en collaboration avec M. CHAPEAU, sur *Différents régimes de l'étincelle soufflée*.

L'étincelle, jaillissant entre deux boules, était soufflée par un courant d'air; à part quelques formes irrégulières, que les auteurs appellent *étincelles de soufflage*, on observe et l'on photographie, au moyen du miroir tournant, des paquets d'étincelles consistant en groupes séparés par une extinction. Si l'on opère sur des boules de laiton, on obtient d'abord des paquets formés de 25 ou 30 étincelles légèrement brisées, jaillissant entre des points assez variables des électrodes; au bout de quelques heures, le régime change: les étincelles forment des paquets de 40 ou 50, rectilignes et immobiles. A ce moment, au-dessus d'une dépression qui s'est creusée dans le laiton, il s'est formé une proéminence d'oxyde, qui sert de point d'attache à la décharge. La nature seule et non la forme de cette proéminence détermine le second régime. L'expérience montre que le changement de régime se produit au bout d'un temps plus ou moins long suivant les métaux. Avec l'aluminium, le second régime commence immédiatement et l'on a alternativement l'un et l'autre paquet d'étincelles.

M. CH.-ED. GUILLAUME dit quelques mots de ses dernières recherches sur les *aciers-nickel*, au sujet desquelles il vient de publier un Livre qu'il a déposé sur le Bureau.

Ces recherches ont montré l'impossibilité de trancher, par l'étude de la magnétostriction, les questions pendantes entre les diverses théories proposées pour expliquer les propriétés de ces aciers.

Rappelons qu'à la séance du 19 février, M. D'ARSONVAL a fait deux communications qui ont été seulement signalées dans le précédent numéro de cette Revue.

La première est relative à un *Nouveau dispositif permettant de souffler l'arc de haute fréquence*.

Dans la production des courants de haute fréquence, que l'auteur applique à la thérapeutique depuis 1901, il est nécessaire d'empêcher la production d'un arc entre les boules, ou mieux entre les pointes légèrement mousses, de l'éclateur. Les procédés de soufflage de l'arc par un champ magnétique, par un courant d'air, par une self-induction ou un condensateur interposé, par la rotation de l'éclateur sont incertains ou compliqués. Il n'en est pas de même du dispositif actuel: les deux boules de l'éclateur sont reliées aux armatures internes d'un condensateur; les armatures externes communiquent par un conducteur de self-induction convenable; dans ces conditions l'arc est soufflé automatiquement par le *condensateur souffleur*. Deux condensateurs qui peuvent être entièrement indépendants des premiers sont reliés par le circuit d'utilisation.

M. D'ARSONVAL présente ensuite un *Dispositif de protection pour sources électriques alimentant les générateurs de haute fréquence*, qu'il a établi en collaboration avec M. GAIFFE.

Dans un ensemble produisant des courants de haute fréquence, l'éclateur est un centre d'où partent dans toutes les directions des ondes électriques dont la tension initiale est donnée par la longueur d'étincelle à l'éclateur. En dehors du circuit d'utilisation, ces ondes reviennent en arrière dans tous les circuits en relation quelconque avec l'éclateur. On les retrouve jusqu'à la dynamo ou l'alternateur qui fournit le courant primaire; leur tension très élevée détermine des perforations dans les bobines de Ruhmkorff ou dans les transformateurs; les auteurs ont vu des étincelles anormales sur le collecteur d'une commutatrice d'où provenait le courant et dans laquelle se sont produits des courts-circuits.

Pour éviter ce retour des ondes, on intercale, en avant de l'éclateur, des résistances inductives enroulées sur des tubes de cuivre épais isolés: on ajoute en dérivation deux condensateurs en cascade.

L'efficacité de ce dispositif apparaît dans les expériences suivantes: on intercale entre le transformateur et l'éclateur une galette de fil; de toutes parts jaillissent des étincelles, qui disparaissent quand on met en circuit les résistances et les capacités. On peut encore faire une mesure en coupant le secondaire en deux parties égales, qu'on réunit par un milliampèremètre thermique à grand isolement; on met un autre ampèremètre à une extrémité du transformateur; les indications des deux appareils sont égales quand le dispositif fonctionne; si on le supprime, l'ampèremètre intérieur accuse une intensité qui, dans l'expérience exécutée devant la Société, est deux fois plus petite que celle qui traverse l'ampèremètre extrême, et qui, dans l'appareil réellement employé par M. d'Arsonval, est beaucoup plus faible.

C. R.

Tome I. — N° 6. **30 mars 1904.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Charpentier, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, Guilbert, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Maurain, Pellissier, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

SOMMAIRE.

I. **Article :** Les moyens de transport à Berlin et à Paris, par M. Ch. Jacquin, p. 161.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 168; Transmission et Distribution, p. 169; Traction, p. 173; Télégraphie et Téléphonie, p. 182; Applications thermiques, p. 183; Éclairage, p. 184; Électrochimie, p. 185; Mesures, p. 185; Divers, p. 187.

III. **Bibliographie,** p. 188. — IV. **Variétés et informations,** p. 189.

LES MOYENS DE TRANSPORT A BERLIN ET A PARIS.

J'ai donné, dans *L'Éclairage électrique* (1), une vue d'ensemble des moyens de transport existant, à la fin de l'année 1898, dans les principales villes d'Angleterre, d'Écosse, d'Autriche-Hongrie et de l'Allemagne du Sud. La situation est encore à peu près la même à présent dans toutes les villes que j'avais visitées à l'époque, sauf à Londres où l'on a ouvert dans l'été de 1899 un chemin de fer souterrain électrique dénommé *Central London* (2), coupant dans son grand axe, de 10^{km} de longueur, l'ellipse ou œuf, de $3^{km},5$ de largeur au gros bout, formé par la ville proprement dite (town) et desservi sur son pourtour par la ligne principale du métropolitain à vapeur. L'ouverture du chemin de fer « central » a donné au public londonien un moyen de transport commode et rapide dans la direction qui était la plus mal desservie de la ville. On a ouvert également, il y a un mois environ, la ligne souterraine du *Great Northern and City* partant du nord de la ville et se dirigeant dans la banlieue sur une distance de 7^{km}.

Je vais à présent compléter les renseignements donnés en 1899 par quelques Notes sur la traction électrique, prises au cours d'un voyage effectué il y a un peu plus d'un an dans l'Allemagne du Nord. Je ferai aujourd'hui la description parallèle des moyens de transport actuels existant à Berlin et à Paris; dans un prochain article je parlerai de Hambourg et de Kiel.

Berlin, comme configuration, ne ressemble pas du tout à Londres, mais a, par contre, beaucoup

(1) *Notes sur la traction électrique dans quelques grandes villes d'Europe* (*L'Éclairage électrique*, t. XIX, p. 361 et 441, 10 et 24 juin 1899).

(2) Une description détaillée de cette ligne a été donnée avant son ouverture par M. Tripier dans *L'Éclairage électrique* du 13 août et 17 septembre 1898, p. 264 et 481, t. XVI, mais elle ne contient aucun renseignement sur les dispositions des voitures à voyageurs, qui étaient au début remorquées par des locomotives électriques. Je n'ai pas eu l'occasion d'aller à Londres depuis l'ouverture de cette ligne, mais, d'après ce qu'on m'a dit, les voitures actuelles, dont une partie sont motrices, depuis un an qu'on a supprimé les locomotives électriques, ont à peu près les mêmes dimensions et dispositions que celles du *Waterloo and City* que j'ai décrites en 1899. Comme dans cette dernière ligne, il y a au Central un tunnel en acier, de $3^m,50$ de diamètre intérieur, distinct pour chaque voie; il se trouve à 20^m en moyenne au-dessous de la surface du sol et l'on accède aux stations par des ascenseurs. Il en est résulté une dépense d'établissement élevée, de 8700000^{fr} par kilomètre, soit à peu près le double de celle de Paris ou de Berlin. La prise de courant se fait par troisième rail.

d'analogie avec Paris dont il a à peu près la superficie (6337 hectares contre 7200 hectares à Paris). Cette ville forme une agglomération à peu près ronde ayant 7^{km} environ d'étendue dans tous les sens (*fig.* 1), et comprenant 1800000 habitants. Paris a la forme d'un cercle légèrement aplati (*voir* le plan de la figure 2, ayant comme diamètre nord-sud 9^{km}, et près de 12^{km} comme diamètre maximum SO-NE, porte de Boulogne-porte de Belleville, ou, comme sécante maxima O-E porte de Boulogne-porte de Vincennes; elle renferme 2700000 habitants. La densité de la population est à peu près la même dans les deux villes (un peu moins forte toutefois à Berlin), c'est-à-dire trois fois et demie plus forte que dans la ville proprement dite de Londres (town) constituant l'ellipse mentionnée plus haut. Dans les deux villes, de Paris et Berlin, la population ne comprend pas les habitants des faubourgs, tandis qu'ils sont comptés dans la population, énorme en apparence seulement, de Londres (5 millions d'âmes). Berlin est, comme Paris, coupé en deux parties Nord et Sud à peu près égales par un cours d'eau, mais la Sprée, divisée en plusieurs bras, forme une série de canaux qui sont loin d'avoir le caractère de notre fleuve parisien. Les monuments les plus importants se trouvent dans le voisinage de l'Alexander Platz, près de la Sprée; non loin de là commence la Friedrichstrasse, direction nord-sud, la rue la plus animée, similaire de nos rues de la Paix et Royale, et la promenade Unter den Linden (sous les tilleuls), l'analogue de notre avenue des Champs-Élysées, qui s'étend de l'est à l'ouest jusqu'au parc de Thiergarten, situé comme notre bois de Boulogne à l'extrémité ouest de la ville. Coïncidence curieuse, on retrouve à Berlin toutes les gares de Paris dans des positions presque identiques, à l'exception de nos gares de l'Est et de la Bastille qui n'ont pas d'équivalent. A la gare Saint-Lazare correspond la gare de Lehrte, à la gare du Nord la gare de Stettin, à la gare de Lyon la gare de Silésie (Slesischer Bahnhof), à la gare d'Orléans la gare de Goerlitz, à la gare de Sceaux a garé d'Anhalt, à la gare Montparnasse la gare de Potsdam.

Paris est entouré par le chemin de fer à vapeur de Ceinture (marqué sur la figure 2 en trait ponctué ainsi que les grandes lignes de chemin de fer à vapeur), qui suit presque exactement les fortifications de la ville sur 32^{km}, en viaduc, tranchée ou tunnels; créé d'abord pour faire passer les trains de marchandises d'un réseau sur un autre, il est devenu depuis une dizaine d'années un important chemin de fer urbain à voyageurs. Sur le cercle de ceinture circulent des trains entièrement circulaires et des trains partant de Paris-Nord et y rentrant; la portion de Ceinture comprise entre Courcelles et Auteuil est parcourue par des trains en navette partant de Saint-Lazare et y rentrant; enfin des trains en navette allant de Saint-Lazare au Champ-de-Mars et aux Invalides par une nouvelle ligne créée en 1900 empruntent une petite portion de la Ceinture comprise entre Courcelles et l'avenue Henri-Martin. Ces divers services de trains à vapeur circulant sur la Ceinture ne rendent des services véritables qu'aux personnes habitant près des fortifications, en leur permettant d'atteindre les quartiers commerçants du centre ouest ou de communiquer avec un autre point de la périphérie.

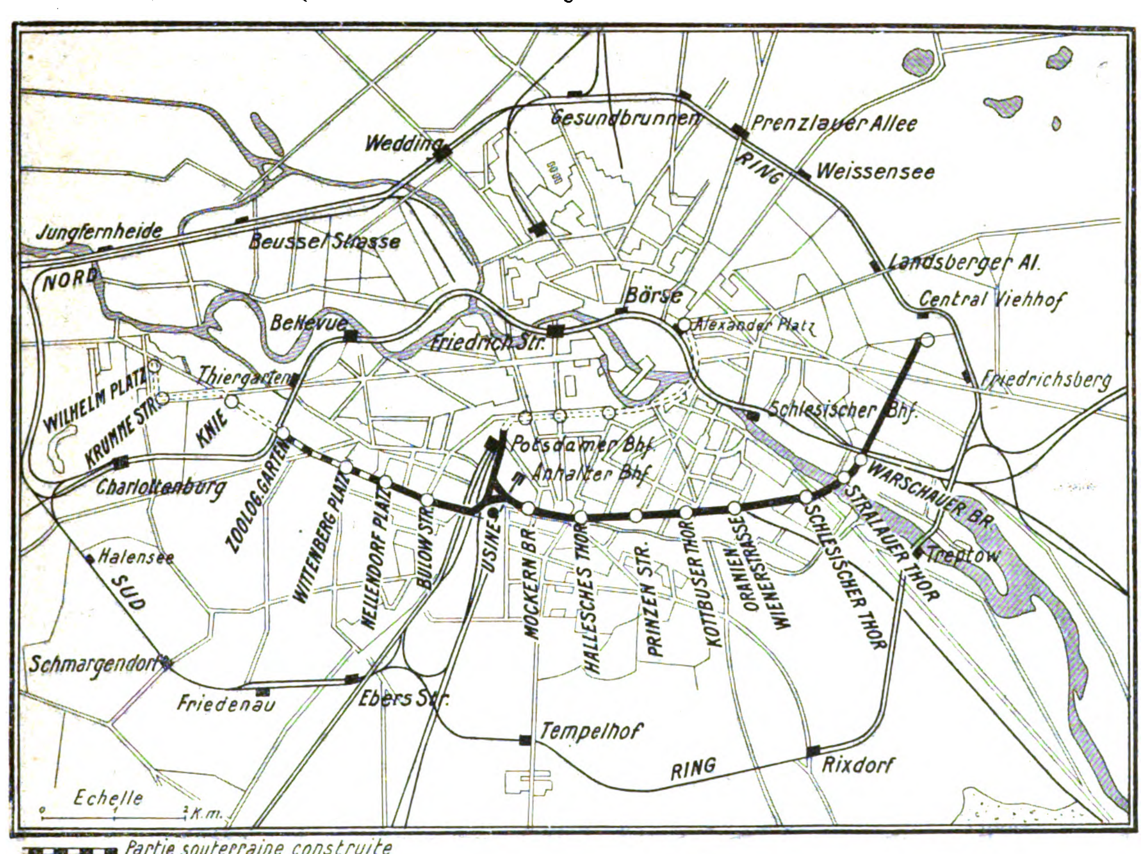
Berlin possède également une ligne de Ceinture à vapeur (*Ringbahn*), créée en 1877 dans le même but de transfert entre les divers réseaux. Cette ceinture, qui a $37^{km},7$ de tour, est presque entièrement en viaduc, avec quelques parties seulement à niveau ou en tranchée. Son diamètre nord-sud mesure, comme celui de Paris, 9^{km} et aboutit en dehors de la ville dans des faubourgs, mais en largeur la Ringbahn est plus étendue que la Ceinture de Paris, car elle comprend 13^{km} au lieu de 10^{km} de l'est à l'ouest et embrasse, non seulement des faubourgs de Berlin, mais la ville de Charlottenburg qui compte 200000 habitants. Il est vrai que Berlin n'étant pas muré par des fortifications, se continue insensiblement par ses faubourgs qui, de déserts, sont devenus très populeux depuis la création de la Ceinture. Mais cette ligne circulaire n'aurait été d'aucun secours pour desservir le centre de la ville si elle n'avait pas été complétée en 1882 par une ligne transversale est-ouest en viaduc de 12^{km}, également à vapeur, dénommée *Stadtbahn* (chemin de fer métropolitain), qui appartient comme la Ringbahn à l'État.

La Stadtbahn, sur le trajet de laquelle se trouvent les deux gares existantes de Lehrte et de Silésie, est parcourue par des trains de grandes lignes aboutissant à la gare intermédiaire nouvelle de Friedrichstrasse et par des trains de banlieue, mais c'est comme ligne métropolitaine proprement dite qu'elle joue le plus grand rôle.



Elle forme avec les deux arcs de l'ellipse de la Ringbahn deux circuits semi-elliptiques fermés : le premier constitué par la Ceinture nord et la Stadtbahn est parcouru dans les deux sens par des trains circulaires. Une autre série de trains circule dans les deux sens sur le circuit formé par la Ceinture sud et la Stadtbahn, mais avec pénétration dans la gare de Potsdam-Ceinture, qui sert de point de départ et d'arrivée des convois. Enfin la Stadtbahn est parcourue en navette par une troisième série de trains allant seulement de Charlottenburg à la gare de Silésie. On voit combien la circulation des trains métropolitains, tous à vapeur, y est active. Grâce à cette transversale de la Ceinture, qui n'existe pas à Paris, la circulation est facile dans l'axe est-ouest de la ville. Tout le nord de Berlin et des faubourgs se trouve également bien desservi, parce que la demi-ellipse supérieure étant très aplatie (à peu près comme le circuit métropolitain de Londres), il n'y a pas plus de $1^{km},5$ pour atteindre, soit la Ceinture nord (*fig.* 1), soit la Stadtbahn. La partie de la

Fig. 1.



Plan des chemins de fer de Berlin.

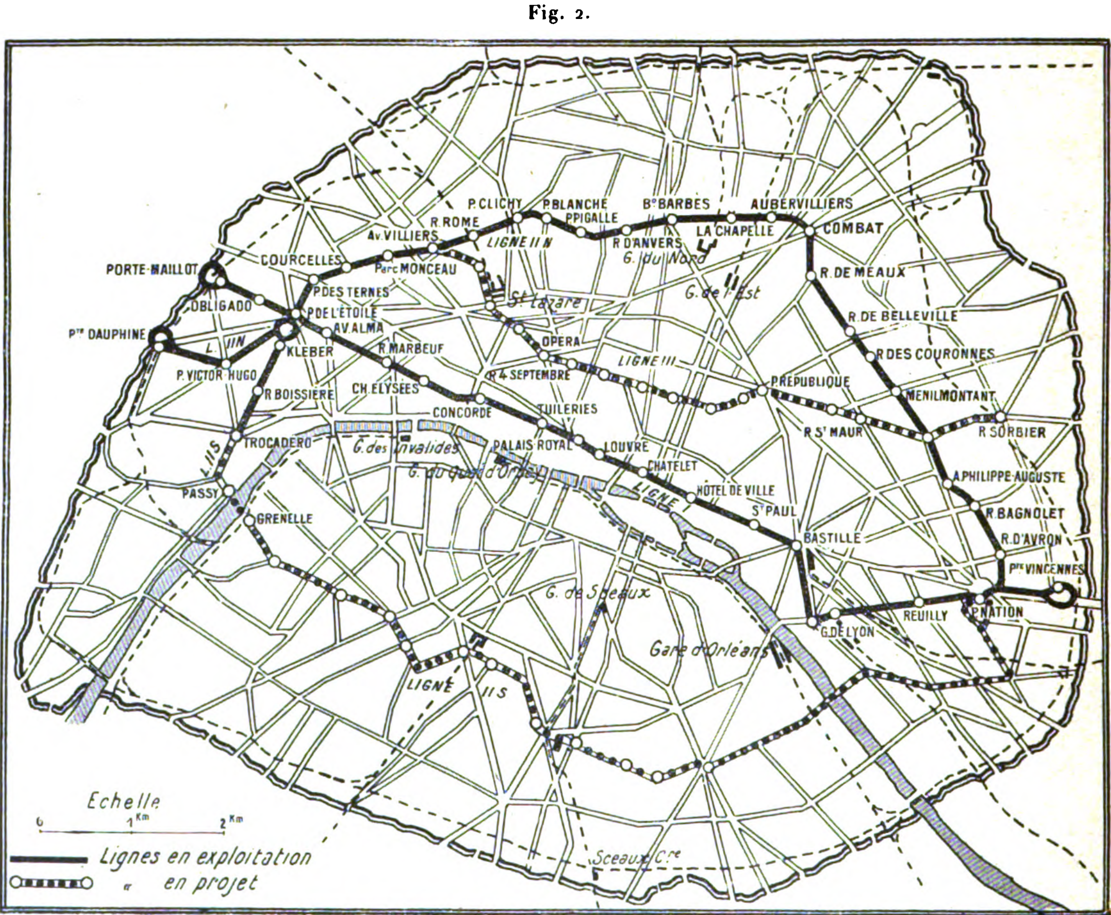
ville et des faubourgs située au sud de la Sprée est moins bien desservie, sauf la partie comprise entre la gare de Potsdam et la Sprée, parce que la demi-ellipse sud est beaucoup plus ronde et mesure de 4^{km} à $5^{km},5$ de hauteur.

C'est dans le but de remédier à cet inconvénient qu'a été créé le *Chemin de fer métropolitain électrique* ouvert dans l'été de 1902 (et appartenant à une société privée), qui traverse la demi-ellipse circulaire sud presque par moitié dans la direction est-ouest du pont de Varsovie (Warschauerbrücke) au Jardin zoologique (Zoologischer Garten) sur une longueur de $8^{km},7$, avec une pénétration de 1150^{m} jusqu'à la gare de Potsdam. Cette ligne se continue en quelque

sorte à l'est par un tramway, déjà existant, de 2^{km}, allant du pont de Varsovie aux Abattoirs (Central Viehhof); à l'ouest, un prolongement souterrain de $2^{km},75$ aboutissant à la Wilhelm Platz, à Charlottenburg, est sur le point d'être achevé. Un prolongement souterrain de la pénétration de la place de Potsdam est aussi projeté pour aller rejoindre la Stadtbahn à Alexander Platz, sur l'autre rive de la Sprée, peut-être même plus tard la Ceinture nord. Grâce au Métropolitain électrique, la circulation est beaucoup plus aisée dans le sud de la ville. On trouve sur cette ligne trois sortes de trains : 1° ceux qui vont directement du Jardin zoologique au pont de Varsovie et inversement; 2° ceux qui marchent dans les deux sens entre le Jardin zoologique et la place de Potsdam; 3° ceux qui marchent dans les deux sens entre la place de Potsdam et le pont de Varsovie. La ligne comprend 13 stations dont 3 seulement souterraines : celles du Jardin zoologique de la place Wittenberg et de la place de Potsdam.

A Paris, dans l'été de 1900, a été ouverte la première ligne métropolitaine électrique (ligne I, *fig.* 2) de $10^{km},5$ de longueur, allant de la Porte-

Fig. 2.



Plan des chemins de fer de Paris.

Maillot à la Porte de Vincennes, ainsi que deux portions de lignes de $1^{km},5$ et $1^{km},8$ allant de l'Étoile à la Porte Dauphine et au Trocadéro. Cette transversale ouest-est, l'analogue de la Stadtbahn de Berlin, établie dans une direction très fréquentée où les moyens de locomotion étaient rares (il y avait bien quelques tronçons de tramways et les bateaux mouches de la Seine, mais ils étaient très lents; la Sprée, elle, n'est pas navigable) donne lieu à un mouvement de voyageurs énorme. La ligne prévue en second lieu devait primitivement constituer un cercle fermé passant

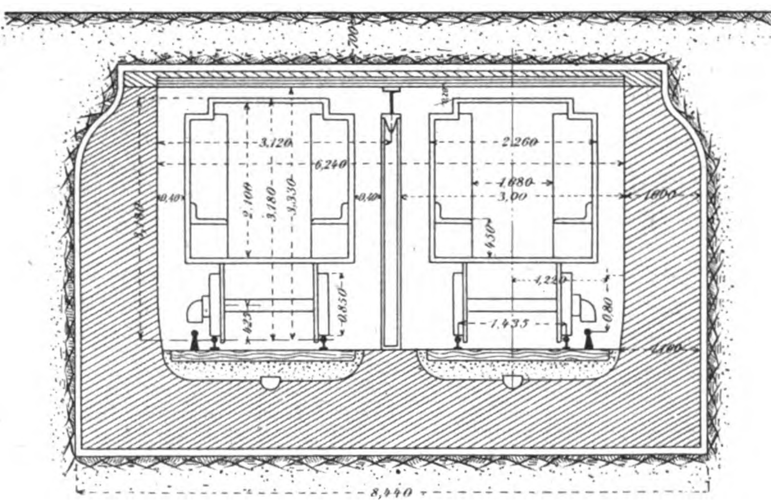


par les boulevards extérieurs des rives droite et gauche. On a décidé ensuite de la séparer en deux parties distinctes : une première partie, qui a été ouverte en novembre 1902, comprend les boulevards extérieurs de la rive droite, de la place de la Nation à l'Étoile, où elle passe sous la ligne n° I et la ligne II sud, dont il sera parlé plus loin, et se continue par le tronçon ouvert en 1900 jusqu'à la Porte Dauphine; c'est la ligne circulaire II nord (II N, *fig.* 2). La moitié sud du cercle ou ligne II sud (II S, *fig.* 2) commence à l'Étoile par une station juxtaposée à celle de la ligne I et comprend la fin des boulevards extérieurs de la rive droite, jusqu'à la passerelle de Passy sur la Seine, tous les boulevards extérieurs de la rive gauche, en passant par les deux gares Montparnasse et de Sceaux, jusqu'au pont de Bercy, puis rejoint, par les boulevards de Bercy, Reuilly et Picpus, la place de la Nation. Le début de la ligne II sud allant de l'Étoile à la place du Trocadéro a été ouvert en 1900 et se continue, depuis octobre 1903, jusqu'à Passy; le reste de la ligne sera ouvert d'ici peu. La circulaire nord, qui met en relation rapide les divers faubourgs de la rive droite, jusqu'ici à peu près isolés, rend de grands services et la circulaire sud en rendra de plus grands encore, car elle formera une voie jusqu'ici dépourvue de toute communication. Il restera encore certainement des espaces vides assez vastes sur la rive gauche; mais, sur la rive droite, le réseau de chemins de fer deviendra serré lorsque la ligne III, allant de Courcelles à Ménilmontant, qui traverse les quartiers centraux de l'Opéra, de la Bourse et de la rue du 4-Septembre, sera ouverte; ce qui est annoncé pour l'automne prochain. Lorsque la transversale nord-sud, porte Clignancourt-porte d'Orléans, déjà commencée, et les autres lignes qui vont être entreprises seront achevées, Paris sera aussi bien desservi par son réseau métropolitain que Berlin et Londres, sur la rive gauche, et mieux desservi dans sa partie nord.

Au point de vue du relief du sol, Berlin et Paris ne se ressemblent nullement. Paris, comme Rome, est hérissé de nombreuses collines ou monticules; Berlin, comme Londres, s'étend sur une surface absolument plate et le sol y est, de plus, marécageux. Il en résulte de grandes différences dans la construction des lignes métropolitaines.

A Berlin, la ligne électrique est presque entièrement posée sur un viaduc de 7^{km}, bien horizontal, offrant une ligne agréable à l'œil et ne demandant pas de grands efforts de traction. Le court tronçon de 1700^{m} compris entre la Nellendorf Platz et le Jardin zoologique est seul souterrain, encore avait-il été prévu en viaduc; ce n'est que dans le but d'éviter des expropriations coûteuses ou inesthétiques que l'on a fait plonger les ignes. La longueur totale de souterrain jusqu'à Charlottenburg sera de $3^{km},4$.

Fig. 3.



Coupe du souterrain de Berlin.

Le tunnel, presque à fleur de sol (70^{cm} de la surface), est établi à peu près de la même manière

que celui de Budapest (*voir fig.* 3). Le radier et les parois verticales sont en béton; la partie supérieure est formée par des voûtes en béton avec poutres en fer encastrées dans les parois et appuyées sur des colonnes établies au milieu du tunnel. Celui-ci plonge sur les deux tiers de sa hauteur dans une nappe d'eau qui a rendu la construction, à ciel ouvert, assez pénible et coûteuse. La largeur totale intérieure du souterrain à double voie est de $6^m,24$, sa hauteur est de $3^m,30$ au-dessus des rails de roulement.

Ceux-ci sont montés à la manière ordinaire sur des traverses et du ballast posés sur le radier, avec l'écartement normal de $1^m,435$. Un troisième rail servant d'amenée au courant est monté sur des isolateurs, distants de 6^m, fixés à l'extrémité des traverses, à l'extérieur des voies et à 23^{cm} de haut. Dans le souterrain, sur la partie en viaduc, les deux conducteurs sont à une hauteur de 18^{cm} et placés dans l'entrevoie; ils sont recouverts par une planchette protectrice de bois sur laquelle sont fixés les câbles du block (système Siemens) et du téléphone. Le courant continu à 750 volts est fourni directement par une usine centrale à vapeur située à Trebbizerstrasse (*fig.* 1), vers le milieu de la ligne.

La pénétration vers la gare de Potsdam, qui a 1500^m de longueur, se fait par un raccordement triangulaire de construction compliquée dans lequel les voies passent les unes au-dessus des autres à des niveaux différents, de manière que les trains puissent circuler dans les six directions indiquées plus haut sans jamais se rencontrer; les Berlinois l'ont baptisé du terme expressif de *schlupf,* cravate longue dont on fait le nœud soi-même (mot dérivé du verbe *schlupfen,* se glisser). Le service des six sortes de trains, dans le raccordement, n'est d'ailleurs pas sans présenter, paraît-il, des difficultés assez grandes d'exploitation.

A Paris, au contraire, le service des trains est très facile. Il n'y a aucun aiguillage sur les lignes (sauf dans quelques voies de garage, aux terminus), où les trains passent de la voie montante à la voie descendante par une raquette, comme il est représenté schématiquement sur la figure 2. Le tronçon partiel de la ligne II possède seul un aiguillage provisoire à la gare de Passy.

A Paris, on ne pouvait songer à une ligne en viaduc pour la transversale est-ouest n° 1 qui traverse le cœur de Paris; on a donc adopté le souterrain (pour voie double) sur tout le parcours; la station de la Bastille, établie sur le canal Saint-Martin, se trouve seule à niveau. La surface du sol, sur les deux tiers du parcours de cette ligne, est plane, de la rue de Reuilly à la rue de Marbeuf (cote 33 à 36) et se relève fortement aux deux extrémités (cote 57 à 55). Afin de ne pas atteindre, dans les travaux d'excavation effectués presque entièrement à ciel ouvert, la nappe d'eau s'étendant sous la ville à partir de la cote 26, soit à 1^m au-dessous de la Seine, on a établi le tunnel qui a $6^m,25$ de hauteur totale, très près du sol (1^m ou $1^m,50$ du sommet extérieur de la voûte ou 6^m à $6^m,50$ du rail à la chaussée, même moins dans les stations) dans toute la partie plane du tracé; on lui a même fait suivre le relief du sol dans les buttes extrêmes pour éviter de mettre des ascenseurs dans les gares; le profil du souterrain a donc, comme le sol, la forme d'une cuvette avec deux rampes assez longues de 30^{mm} par mètre en moyenne. Les plus fortes rampes de 40^{mm} par mètre se trouvent dans les plongées d'évitement qu'on a été obligé de faire au-dessous des grands égouts collecteurs Ledru-Rollin, Sébastopol et surtout d'Asnières (à la Concorde); en ces points on est descendu aux cotes 22,5, 21 et même 20, soit à $3^m,50$, 5^m et 6^m dans la nappe d'eau souterraine. On a obtenu ainsi le maximum d'économie dans l'établissement de la ligne, mais, par contre, on a augmenté les dépenses de traction par l'irrégularité du profil. Au Central London, où pourtant les recettes ne sont pas supérieures à celles de Paris (¹), on n'a pas hésité à construire un tunnel de grande profondeur (le rail est de 24^m à 25^m au-dessous du sol) pour chaque voie, avec, bien entendu, des ascenseurs (²) dans les stations, dans le but d'obtenir un profil parfaitement rationnel; la dépense totale de construction a été à peu près double de celle de Paris (³), mais, comme la ligne est cons-

(¹) *L'Éclairage électrique*, t. XXVII, p. 86, 18 mai 1901.

(²) A côté des ascenseurs se trouvent des escaliers de secours.

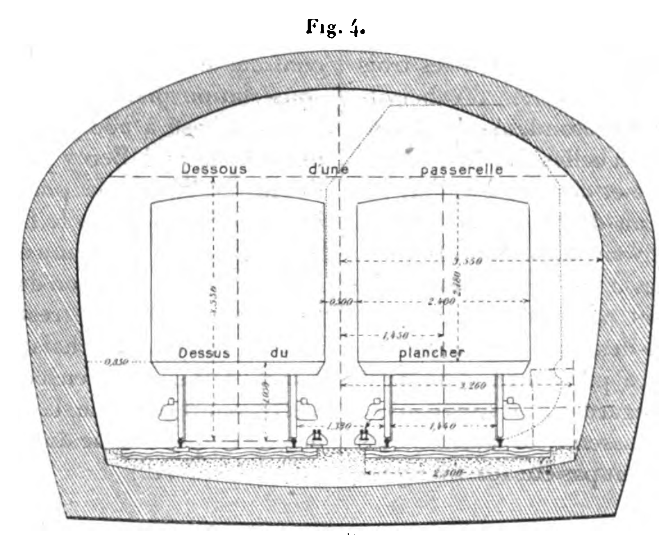
(³) Les dépenses totales d'établissement des lignes métropolitaines de Berlin et de Paris sont du même ordre de grandeur, grossièrement 4 millions du kilomètre, y compris les usines et le matériel roulant.



tamment en palier, avec légère pente au départ et rampe à l'arrivée des stations, les dépenses de traction y sont beaucoup plus faibles.

La section du souterrain de Paris est donnée sur la figure 4 à la même échelle que pour Berlin. Le tunnel, construit en maçonnerie de 0m,50 à 0m,75 d'épaisseur, est formé en bas d'un radier presque plan, relié par des pieds-droits légèrement inclinés à une voûte elliptique. La largeur totale est de 6m,60 au niveau des rails

Fig. 4.



Coupe du souterrain de Paris.

et de 7m,10 à la naissance de la voûte; la hauteur de la clef de voûte est de 5m,20 au-dessus du radier et de 4m,55 au-dessus de la voie de roulement. Celle-ci est posée à la manière ordinaire, sur traverses en bois créosoté et ballast. Un troisième rail, amenant le courant, est posé dans l'entrevoie à 0m,33 du rail, sur des isolateurs fixés à l'extrémité des traverses de la voie. Sur la ligne n° I ce troisième rail était en acier ordinaire; sur la ligne n° II il est en acier doux spécial présentant 20 pour 100 de plus de conductibilité. Les raquettes situées à l'extrémité des lignes ont la forme d'un tunnel à voie unique.

Sur la ligne n° II le sol, en partant de la porte Dauphine, forme une petite butte à l'Étoile, une petite cuvette aux Ternes, ensuite une montée progressive jusqu'à la place d'Anvers, puis une légère descente jusqu'à la rue d'Allemagne et finalement une partie à peu près plate jusqu'à la place de la Nation. Le Métropolitain suit à faible profondeur (1m environ) le niveau du sol, en souterrain, de la porte Dauphine à la place d'Anvers et de la rue de Meaux à la place de la Nation. La portion centrale de 2070m comprise entre la place d'Anvers et la rue de Meaux a été établie en viaduc (la longueur totale de la ligne n° II Nord est de 12km,1), pour ne pas avoir à passer au-dessous des lignes déjà en tranchées des chemins de fer du Nord et de l'Est et du canal Saint-Martin. Mais comme précisément cette partie se trouve en contre-bas de la place d'Anvers et même un peu de la rue de Meaux, il a fallu créer deux rampes très raides pour la raccorder aux deux souterrains; ces rampes de 40mm par mètre s'étendent sur 150m à la place d'Anvers et sur 300m à la rue de Meaux et succèdent à de courts paliers très voisins des stations sus-nommées. Ces deux rampes et surtout la dernière constituent des points difficiles de la ligne par les temps de brouillard ou de neige; il existe bien des rampes de 40mm dans la ligne n° I, à l'évitement des égouts, mais ces rampes souterraines sont très courtes et succèdent toujours à une pente égale; c'est pourquoi elles sont franchies sans difficulté. Sur les rampes d'accès du viaduc, au contraire, les trains ne peuvent prendre d'élan et ne parviennent au sommet qu'avec peine, et, si le rail est gras (la voie se trouve à l'air libre en ces points, circonstance aggravante), arrivent même à caler; le fait s'est déjà produit plusieurs fois.

Par raison d'économie, on a fait suivre presque exactement au viaduc les inégalités du terrain

un peu bossué dans cette partie, ce qui donne à l'ensemble l'aspect *d'un jeu de montagnes russes,* ce qui n'existe pas à Berlin, où, d'ailleurs, le niveau du sol est plat. Le tracé avec viaduc n'est donc pas heureux; il eût mieux valu passer franchement au-dessous des trois obstacles : voies du Nord et de l'Est et canal Saint-Martin; à l'aide de quelques dos d'âne, on pouvait établir les trois stations voisines rues de la Chapelle, d'Aubervilliers et d'Allemagne, à des profondeurs dépassant d'environ 3m à 4m seulement celles des stations de l'avenue de la République et de l'Étoile, dont les quais se trouvent à 14m au-dessous du sol parce qu'elles passent respectivement sous les tunnels des lignes métropolitaines n° III et n° I (toutes les autres stations se trouvent presque à fleur de sol avec des quais à 6m au-dessus de la rue). La dépense aurait été un peu plus forte, mais l'esthétique aurait été sauvegardée, et les rampes, en admettant qu'elles eussent été aussi fortes que sur le viaduc, n'auraient pas été aussi longues et auraient été plus faciles à gravir, se trouvant souterraines. La ligne circulaire Nord comporte 20 stations souterraines, y compris celles de la place d'Anvers et de la rue de Meaux; il n'y en a que 4 en viaduc.

Le courant continu à 550 volts est fourni sur la ligne n° I, d'abord directement par une usine centrale située quai de Bercy, et aussi par une sous-station placée à l'Étoile qui reçoit du courant triphasé à 5000 volts (partie des usines de la Compagnie à Bercy et aux Moulineaux, sur la Seine, à 3km de la porte d'Auteuil; partie de l'usine de la Société « le Triphasé » à Asnières), et le transforme en continu à 600 volts. La ligne n° II Nord reçoit une portion du courant directement de l'usine de Bercy, et le reste de deux sous-stations situées au Père-Lachaise et boulevard Barbès, qui sont desservies en courant triphasé : la première par l'usine de la Compagnie, à Bercy; la deuxième par l'usine du « Triphasé », à Asnières.

(*A suivre.*) CH. JACQUIN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Dispositif pour régler l'état de charge des batteries d'accumulateurs qui sont disposées en parallèle sur l'enroulement d'excitation des machines-série, par ALLGEMEINE ELECTRICITÆTS-GESELLSCHAFT, de Berlin. Brevet allemand **140488** du 23 mai 1902 (classe **21** *d*). (*Centralblatt f. Accumulatoren, Elementen- und Accumobilenkunde,* t. IV, p. 172).

On sait que pour rendre constantes, soit la tension d'une dynamo-série, soit la vitesse d'un moteur-série, quelle que soit la charge, on a proposé de disposer en parallèle sur l'enroulement-série une source de courant de tension convenable, telle qu'une batterie d'accumulateurs par exemple (brevets américains **501309** et **597018**). Si l'on suppose qu'on a dérivé aux bornes de l'enroulement-série une batterie d'accumulateurs dont la force électromotrice correspond à la chute de tension moyenne de l'enroulement-série, lorsque l'intensité diminue, cette chute tend à diminuer et la batterie décharge sur l'enroulement. Dans le cas contraire, il y a charge de la batterie. La machine fonctionne ainsi sensiblement comme une machine à excitation séparée et d'une façon presque indépendante de la charge.

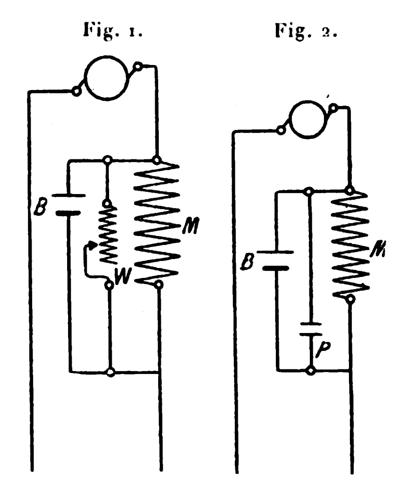
Mais la machine utilisée régulièrement travaille le plus souvent avec une charge qui dépasse la moyenne. Il peut ainsi arriver que la batterie est en surcharge constante, ce qui exerce, comme on le sait, une influence néfaste sur sa durée. Afin de parer à ce danger de surcharge, on dispose, d'après la présente invention, en parallèle avec la batterie B (*fig.* 1) une résistance réglable W que l'on ajuste de telle façon que le courant de charge de la batterie ne peut pas dépasser l'intensité permise. On peut même s'arranger pour que le courant de charge soit très faible ou nul. On évite ainsi l'endommagement qui résulte de la surcharge des batteries.

D'après un brevet additionnel (n° **140836** du 9 août 1902 (classe **21** *d*), on arrive au même but

(1) L'office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXe), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.



en remplaçant la résistance par une batterie de polarisation P (*fig.* 2) dont la tension correspond à la



tension de charge la plus élevée de la batterie d'accumulateurs B. Cette batterie de polarisation n'est traversée par aucun courant, ou seulement par un courant excessivement faible provenant de la batterie d'accumulateurs, tant que la différence de potentiel aux bornes de l'enroulement-série reste inférieure à la tension normale de P. Si cette tension est dépassée, la batterie P est traversée par un courant de plus en plus élevé, ce qui affaiblit le courant de charge de la batterie d'accumulateurs B. Un choix judicieux de la tension de la batterie de polarisation doit permettre de protéger efficacement la batterie d'accumulateurs. L. J.

Alimentateur à eau bouillante Caille, par J. Barral. (*La Nature*, n° 1605, p. 203, 27 février 1904). — Description illustrée d'une pompe d'alimentation permettant l'emploi d'eau à 100° sans les inconvénients que présentent généralement les pompes ordinaires quand on veut utiliser, pour l'alimentation, de l'eau à température aussi élevée. D'après l'auteur, l'alimentateur Caille donne une économie de 26 pour 100 sur l'injecteur Giffard et de 22 pour 100 sur le Glaenzer Belleville.

Joint de dilatation pour conduites de vapeur. (*Génie civil*, t. XLIV, p. 320, 19 mars 1904). — Ce joint est formé d'un court tube terminé par deux rotules; ces rotules s'engagent dans des logements de forme appropriée fixés aux extrémités des conduites à réunir; quatre boulons de serrage maintiennent la pièce de raccord; quand les extrémités des conduites se déplacent l'une par rapport à l'autre par suite de la dilatation, la pièce de raccord prend une position plus ou moins inclinée, les rotules tournant dans leurs logements.

Usine génératrice de l'Interboroug Rapid Company de New-York. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 157, 23 janvier 1904). — Cette usine actuellement en construction est prévue pour une puissance de 130000 chevaux. L'article en donne la coupe, le plan et diverses vues.

Usine génératrice des tramways de Cleveland (États-Unis). (*Street Railw. Jour.*, t. XXIII, p. 162-172, 30 janvier 1904). — L'intérêt de cette usine résulte de l'installation nouvelle de deux turbo-alternateurs de 1000 kilowatts.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Les installations électriques à bord des navires de guerre, par H. LEBLOND. (*L'Industrie électrique*, t. XIII, p. 5-12 et 35-37, 10 et 25 janvier 1904).

Dans cet article, l'auteur développe des considérations générales sur l'emplacement des usines à bord des navires, ainsi que sur le choix des générateurs, des systèmes de distribution et des moteurs primaires. Dès le début, et à plusieurs reprises dans le cours de l'article, il insiste sur la différence essentielle des conditions d'exploitation des installations électriques des navires de guerre et de celles des installations fixes faites à terre, différence qui explique pourquoi des dispositions, que l'on considérerait comme illogiques dans ce dernier cas, sont cependant adoptées avec raison dans les installations de navires, où l'économie doit toujours être sacrifiée à la sécurité du fonctionnement.

Usines et systèmes de distribution. — *Division des usines.* — Dans la plupart des navires, il y a deux usines génératrices distinctes; souvent ces deux usines, d'égale puissance, sont situées aux extrémités du bâtiment; quelquefois elles sont placées presque côte à côte dans la région médiane du navire, l'une à tribord, l'autre à babord. Cette division, en contradiction avec les principes d'économie, est justifiée, d'une part par la possibilité qui en résulte d'assurer les services électriques en cas d'avaries graves à l'une des usines, d'autre part par la difficulté qu'opposent les cloisons étanches, dont les portes doivent être fermées en temps de combat, à des communications entre les diverses parties du bâtiment.

Emplacement des usines. — Les génératrices et les appareils de distribution sont relégués dans le fond du navire, au-dessous de la ligne de flottaison, ce qui assure le mieux possible la protection latérale contre les projectiles de l'ennemi; en outre, le pont, généralement cuirassé, qui recouvre tous les compartiments inférieurs, complète la protection. Mais ces compartiments ne peuvent être éclairés qu'artificiellement; leur ventilation est des plus imparfaites et les innombrables tuyaux de vapeur qui les sillonnent en élèvent la température jusqu'à 50° et 60° C., en même temps que, par suite des fuites inévitables, ils y entretiennent une saturation presque complète de l'atmosphère. Les usines des navires de guerre, étroites et obscures, très chaudes et très humides, se trouvent donc dans des condi-



tions contrastant singulièrement avec celles que l'on recherche dans les usines établies à terre.

Installation de deux usines identiques. — Sur un grand nombre de navires, on a cru, en raison du compoundage assez important de l'excitation des dynamos employées, devoir éviter le couplage en parallèle de ces dynamos. Les divers appareils à alimenter forment un certain nombre de groupes et les appareils d'un même groupe sont greffés en dérivation sur deux conducteurs, positif et négatif, constituant ce qu'on appelle un *circuit;* des commutateurs, réunis sur un tableau de distribution, permettent de relier un circuit quelconque à une dynamo quelconque et sont combinés de manière à éviter le couplage de deux dynamos sur un même circuit.

Sur certains navires, les deux usines sont absolument identiques. Tous les circuits aboutissent à la fois aux commutateurs du tableau de distribution de l'avant et de celui de l'arrière, de sorte que n'importe quel appareil puisse être alimenté par l'une ou l'autre usine; en temps normal, une partie des circuits est reliée à l'usine avant, l'autre partie à l'usine arrière; on a même prévu la possibilité d'alimenter des circuits par des dynamos de l'usine avant à l'aide du tableau de l'usine arrière au cas où les dynamos de celle-ci et le tableau de l'usine avant seraient avariés : des conducteurs auxiliaires reliant les deux usines permettent d'envoyer à l'usine arrière le courant des dynamos de l'avant et réciproquement.

Deux usines avec tableaux différents. — Le nombre considérable des conducteurs qu'exige la disposition précédente a conduit à la modifier sur certains navires. Les lampes et moteurs de ces bâtiments ont été branchés sur 7 circuits différents : *circuit d'incandescence non protégée,* alimentant les lampes des locaux situés au-dessus du pont blindé et recevant généralement la lumière solaire pendant le jour; *circuit d'incandescence protégée, tribord* et *babord,* servant à l'éclairage des étages inférieurs; *circuit des projecteurs avant* et *circuit des projecteurs arrière;* enfin *circuits des moteurs, tribord* et *babord.* Un tableau, appelé *tableau de répartition,* et situé dans l'usine avant, permet de relier trois de ces circuits avec une quelconque des dynamos avant; un autre tableau, situé dans l'usine arrière, permet de relier les quatre autres circuits avec une dynamo quelconque de cette usine; entre les deux tableaux existe une double communication bipolaire, par tribord ou par babord, dénommée *circuits auxiliaires,* permettant d'envoyer à l'une des usines le courant d'une dynamo d'une autre usine. On peut donc ainsi, ou bien alimenter tous les circuits avec une même usine, ou bien répartir ces circuits de plusieurs façons entre les dynamos de l'une et de l'autre usine. Les commutateurs sont d'ailleurs encore disposés de manière que les dynamos ne puissent être couplées. Ajoutons que, pour augmenter la sécurité, les lampes éclairant les locaux importants sont branchées moitié sur le circuit de tribord et moitié sur celui de babord, que certaines lampes peuvent être, à l'aide d'un commutateur, prises indifféremment sur l'un ou l'autre circuit, que les projecteurs avant peuvent être alimentés par le circuit arrière et réciproquement, que tous les moteurs reçoivent leur courant de l'un ou l'autre circuit.

Installation avec couplage des dynamos. — Par suite de l'augmentation continuelle de la puissance des appareils récepteurs, on a voulu profiter de la commodité que présente le couplage des dynamos. Il y a toujours deux usines d'au moins deux circuits, celui de tribord et celui de babord. Parfois le couplage ne peut être effectué qu'entre certaines dynamos d'une même usine; quelquefois la faculté de couplage s'étend à toutes les machines d'une usine; mais on évite presque toujours la mise en parallèle de dynamos d'une usine avec des dynamos de l'autre.

Emploi d'une usine supplémentaire et emploi d'une usine unique. — Quelques navires possèdent, outre les deux usines génératrices dont il a été question jusqu'ici, une troisième usine placée dans un des étages supérieurs et, par suite, aérée et éclairée naturellement; cette usine, à laquelle aboutissent tous les circuits, fonctionne dans des conditions analogues des usines à terre; mais, comme elle n'est pas protégée, elle n'est utilisée qu'en temps de paix.

Enfin, l'auteur signale qu'un fort courant d'opinion semble actuellement se prononcer en faveur d'une usine unique. Pour ne pas trop sacrifier la sécurité à la commodité, cette usine est placée dans les fonds.

Machines électriques. — *Emploi des courants continus à l'exclusion des courants alternatifs.* — Dans ce paragraphe, M. Leblond croit devoir défendre l'emploi exclusif des courants continus; si l'on tient compte qu'une partie importante de l'énergie électrique consommée par un navire de guerre est utilisée pour l'alimentation de projecteurs et d'électromoteurs, et qu'en outre les récepteurs sont toujours à faible distance des génératrices, il est bien évident que le courant continu est préférable au courant alternatif. L'entretien des collecteurs que l'on a fait valoir en faveur de la substitution ne cause aujourd'hui aucun ennui, et l'action perturbatrice sur la boussole que l'on a parfois reprochée au courant continu n'a jamais été observée.

Potentiel de distribution. — Par suite de l'emploi presque exclusif, au début, du courant électrique pour l'alimentation des projecteurs, le potentiel de distribution avait été primitivement fixé à 70 volts; il y a une quinzaine d'années il a été porté à 80 volts et, tout récemment, en raison de la difficulté rencontrée de se réapprovisionner hors de France, en lampes de 80 volts, il a été décidé d'adopter à l'avenir, pour les navires en construction, une différence de potentiel de 120 volts. Cette élévation du potentiel aura pour effet heureux de permettre de diminuer la section des canalisations et, par suite, leur encombrement. Mais outre l'inconvénient d'occasionner une perte d'énergie plus grande dans les rhéostats des lampes à arc, cette élévation augmente les pertes par défaut d'isolement, défauts inévitables dans des canalisations placées dans un milieu chaud et humide. Aussi l'auteur ne pense pas que l'on puisse aller loin dans cette voie.

Conditions générales imposées aux dynamos. — Les dynamos doivent être robustes, faciles à réparer à bord; l'élévation de température résultant de leur fonctionnement doit être très faible, la température ambiante étant déjà très élevée. Devant être placées sur un pont métallique flexible, qui vibre sous l'influence de la marche propre du navire et davantage encore lorsque les dynamos tournent à grande vitesse, il est indispensable que la plaque de fondation et les paliers soutenant l'axe constituent un tout simple et rigide. Les dynamos desservant les circuits des moteurs des tourelles et des monte-charges doivent pouvoir fonctionner à toutes charges sans nécessiter de réglage des balais : cette condition entraîne généralement une diminution du rendement, mais cette diminution n'a guère d'importance en raison de la faible durée du fonctionnement de ces dynamos. Les dynamos d'éclairage doivent, au contraire, avoir un rendement aussi élevé que possible; le réglage des balais se fait à la main, les seules variations du débit se produisant au moment du passage du jour à la nuit ou lors d'un exercice de branle-bas de combat.

Moteurs des dynamos. — La commande se fait toujours par accouplement direct, en raison de l'exiguïté des locaux. Pour éviter des trépidations gênantes, on a limité la vitesse des moteurs à vapeur à 300-350 t : m; à cette vitesse correspond une vitesse circonférencielle de l'induit des dynamos de 8 à 10 m : sec, vitesse faible si on la compare à celle généralement usitée pour les dynamos employées à terre. Il en résulte une augmentation du poids et une augmentation du prix, mais l'une et l'autre augmentation sont sans importance en regard du poids des cuirasses et du prix total d'un navire; le seul avantage sérieux qui résulterait d'un accroissement de la vitesse serait de diminuer le volume des dynamos et, par suite, l'encombrement.

Régulateurs de vitesse. — Pour les dynamos alimentant les appareils de l'artillerie, un bon régulateur de vitesse est indispensable; le meilleur n'est pas nécessairement celui qui ramène le plus *exactement* la vitesse à la valeur de régime, mais celui qui agit le plus *rapidement* en évitant des écarts considérables. Il importe également que les régulateurs soient simples et robustes. Enfin, le réglage doit se faire par étranglement de la vapeur à l'admission et non par modification de la détente; ce dernier procédé, bien que le plus économique, ne pouvant donner un réglage assez rapide. Cette condition de rapidité entraîne d'ailleurs une autre sujétion : les deux cylindres des moteurs actionnant les dynamos d'artillerie ne sont pas montés en compound, tous deux reçoivent la vapeur vive, et le régulateur doit agir en même temps sur les valves d'entrée de la vapeur dans les deux cylindres.

Emploi des moteurs à pétrole. — M. Leblond termine cet article par quelques considérations sur l'emploi des moteurs à pétrole. Ces moteurs présentent sur les moteurs à vapeur quelques avantages : ils ne sont pas comme ceux-ci à la merci d'un accident dans le long tuyautage amenant la vapeur de la chaudière; ils permettent l'éclairage d'un navire au mouillage sans qu'il soit besoin d'allumer les feux; ils sont mis en marche plus rapidement. On pourrait leur reprocher d'être d'un fonctionnement plus onéreux. Mais, outre que les questions d'économie n'entrent guère en considération dans la marine militaire, les moteurs à pétrole consommant 400g à 500g d'essence par cheval-heure ne dépensent guère plus que les moteurs à vapeur employés, lesquels exigent de 25kg à 30kg de vapeur par cheval-heure, par suite des conditions défectueuses dans lesquelles ils fonctionnent; si même on tient compte du charbon nécessaire à l'allumage des chaudières alimentant les moteurs ne faisant qu'un service de quelques heures par semaine, comme ceux qui commandent les dynamos d'artillerie, il est probable que le moteur à pétrole l'emporte sur le moteur à vapeur pour ce service particulier. Toutefois, le moteur à pétrole dégage une odeur désagréable qui ne permet guère de l'utiliser dans les fonds; de plus, il n'a pas l'élasticité de puissance que possède un moteur à vapeur alimenté par un tuyautage de grosse section. Aussi les moteurs à pétrole ne sont-ils guère utilisés que pour actionner des dynamos de faible puissance, en particulier celles qui assurent l'éclairage pendant les stationnements du navire; ces moteurs sont alors placés dans un rouf aménagé sur le pont supérieur.

J. R.



Procédé de tarification de l'énergie électrique, par F.-B. PERRY. (*Transactions of the Am. Soc. of mechanical Eng.*, t. XXV. — *Electrical Review*, N. Y., t. XLIII, p. 885-888, 19 déc. 1903.)

Dans cette communication l'auteur s'attache à montrer l'erreur qui réside dans le système des réductions suivant l'importance de la consommation tel qu'il est pratiqué actuellement et propose un système de tarification rationnelle de l'énergie. Le plus souvent un marché est passé, entre le fournisseur et le consommateur, d'après lequel le premier s'engage à fournir au second l'énergie électrique pendant une période d'années, à un prix décroissant avec l'importance de la consommation. Pour fixer les idées, l'auteur suppose les tarifs établis de la façon suivante :

de 1800 à 2160	kilowatts....	157,50 fr	par kilowatt-an
de 2161 à 2520	»	150,00	» »
de 2521 à 2700	»	142,50	» »
de 2721 et au-dessus	»	138,00	» »

Les prix ci-dessus sont basés sur une consommation annuelle de 3000 heures. En dressant des tables des prix du kilowatt-heure et de la dépense annuelle totale, l'auteur montre l'inconséquence de ce système. Ainsi, pour 2161 kilowatts, la dépense annuelle sera de 16050^{fr} moindre que pour 2160 kilowatts; en passant de 2520 à 2521 kilowatts la dépense totale annuelle se trouve réduite de 18775^{fr}. Les mêmes tables montrent que le consommateur paie autant pour 2160 kilowatts que pour 2268; de même entre 2520 et 2627,5 kilowatts la dépense est la même. Il résulte de ces chiffres que la compagnie de distribution réalise plus de bénéfices pour certaines consommations que pour d'autres. D'autre part, le consommateur a parfois intérêt à augmenter sa consommation sans aucun besoin, uniquement pour dépasser une certaine limite.

Pour faire disparaître ces inconvénients, il conviendrait que le prix de vente du kilowatt-an, au lieu de décroître *brusquement* lorsqu'une certaine consommation est atteinte, décrût *régulièrement* en même temps que cette consommation augmente. Il est d'ailleurs encore possible de favoriser les très gros consommateurs en augmentant le taux du décroissement à partir de certaines valeurs de la consommation. Ainsi, pour améliorer le tarif précédemment indiqué tout en en respectant les bases essentielles, on peut convenir : que le prix du kilowatt-an sera encore de 157^{fr},50 pour toute consommation correspondant à une puissance moyenne comprise entre 1800 et 2160 kilowatts; qu'il diminuera ensuite d'une somme r_1 toutes les fois que la consommation s'élèvera de 1 kilowatt jusqu'à ce qu'elle atteigne 2520 kilowatts; puis qu'il diminuera de r_2 pour chaque augmentation de 1 kilowatt jusqu'à 2700 kilowatts; enfin qu'il sera maintenu à 138^{fr} pour toute consommation dépassant 2700 kilowatts.

Les taux de décroissement r_1 et r_2 doivent évidemment être calculés de façon que l'application du nouveau tarif rapporte à la Compagnie de distribution la même somme globale que l'ancien. Cette somme dépendant du nombre et de la consommation des abonnés, une hypothèse est nécessaire pour le calcul. L'auteur suppose qu'il y a

$$1 + 360 + 180 = 541 \text{ abonnés}$$

consommant des puissances représentées par tous les nombres entiers de 2160 à 2700 kilowatts.

Pour calculer la somme totale payée par ces 541 abonnés, remarquons que les redevances des abonnés 2 à 361 forment une progression arithmétique ayant pour termes extrêmes

$$2161 \times 150 = 324\,150^{fr}$$

et

$$2520 \times 150 = 378\,000^{fr},$$

et que celles payées par les abonnés 362 à 541 forment une autre progression ayant pour premier et dernier termes

$$2521 \times 142,5 = 359\,242^{fr},50$$

et

$$2700 \times 142,5 = 384\,750^{fr}.$$

On obtient alors, pour les redevances des abonnés :

	fr
N° 1 : (2160 kilowatts à 157^{fr},50).......	340 200
N°s 2 à 361 : (324 150 + 378 000) 180.....	126 387 000
N°s 362 à 541 : (359 240 + 384 750) 90....	66 959 325
Soit, au total..................	193 686 525

Pour calculer la somme totale payée par ces abonnés dans l'hypothèse du tarif remanié, remarquons que les consommations des abonnés forment une progression arithmétique croissante, tandis que les prix du kilowatt-an forment deux progressions décroissantes.

D'une façon générale, si a est le premier terme de la progression croissante, l le dernier, d la raison, n le nombre de termes, les termes successifs sont

$$\begin{array}{ll} 1^{er} \text{ terme} & = a, \\ 2^{e} \quad » & = a + d, \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots, \\ n^{ième} \text{ terme } l & = a + (n-1)d. \end{array}$$

Considérons une autre progression arithmétique représentant les prix décroissants du kilowatt-an; soient b le premier terme, k le dernier, r la raison,

t la somme des termes, alors

le 1er terme est b,
le 2e » $b - r$,
....,
le $n^{\text{ième}}$ terme est $b - (n-1)r$.

En multipliant deux à deux les termes de chaque progression par ceux de l'autre, on obtient une série, représentant les dépenses annuelles, et dont

le 1er terme est ab,
le 2e » $(a+d)(b-r)$,
....,
le $n^{\text{ième}}$ terme est $[a+(n-1)d][b-(n-1)r]$.

La somme des termes de cette série est :

$$(1)\quad S = \frac{bn}{2}(a+l) - \frac{rn(n-1)}{2}\left[a + \frac{d}{3}(2n-1)\right].$$

Pour appliquer ces formules au cas considéré, il faut supposer que la progression des prix du kilowatt-an commence à $157^{\text{fr}},50$ pour 2160 kilowatts et varie jusqu'à 138^{fr} pour 2700 kilowatts, et diviser les variations de la réduction en deux groupes séparés par le nombre de 2520 kilowatts; soit alors x le prix du kilowatt-an pour 2520 kilowatts, les données pour les deux progressions seront :

$$a_1 = 2160, \qquad a_2 = 2521,$$
$$b_1 = 157,50, \qquad b_2 = x,$$
$$d_1 = 1, \qquad d_2 = 1,$$
$$l_1 = 2520, \qquad l_2 = 2700,$$
$$r_1 = \frac{157,50 - x}{360}, \qquad r_2 = \frac{x - 138}{180},$$
$$n_1 = 361, \qquad n_2 = 180.$$

On calculera les sommes S_1, S_2 d'après la formule (1) et en tenant compte que

$$S_1 + S_2 = 193686525,$$

on trouve

$$x = 144,36,$$

valeur qui, substituée dans les expressions de r_1 et r_2, donnera

$$r_1 = 0,0365,$$
$$r_2 = 0,0353,$$

pour le taux de la variation du prix du kilowatt-an entre 2160 et 2520 et entre 2520 et 2700 kilowatts respectivement.

En appliquant ces considérations à un cas quelconque, on commencera par tracer un diagramme du prix du kilowatt-an en fonction de la consommation et l'on en déduira un diagramme de la dépense totale annuelle (ou mensuelle) en fonction de cette même consommation. C'est ce diagramme qui figurera sur les marchés; outre qu'il est basé sur des considérations rationnelles, il permettra au consommateur de se rendre compte de l'importance de ses dépenses. J. R.

Plaques isolantes flexibles J. Justus. (*Electrical Review, N.-Y.*, t. XLIII, p. 818, 5 décembre 1903). — Cette invention consiste en une série de barres isolantes accolées à une toile métallique. Pour la réaliser, on commence par réduire un isolant solide en barres à section de demi-cercle ou de segment; on les place ensuite côte à côte sur une toile métallique à fortes mailles, à laquelle on les fait adhérer par pression ou par un agglutinant quelconque. Sur l'autre face de la toile métallique, on place une série de barres semblables mais chevauchant sur la ligne de séparation des premières. On obtient ainsi des plaques très flexibles, très propres à isoler les corps présentant des courbures prononcées. P. L. C.

Matière isolante G. Pratt. (*Electrical Review, N.-Y.*, t. XLIII, p. 818, 5 décembre 1903). — L'objet de cette invention est d'établir une substance ayant une résistance d'isolement élevée, une dureté et une ténacité suffisantes et qui doit être imperméable La base de la matière consiste en déchets de cuir, réduit à l'état de feuilles par un quelconque des procédés connus; pour donner du corps à cette substance on y ajoute de la cellulose sulfitée dans la proportion de 25 pour 100. Ces feuilles sont fabriquées à la machine à papier et légèrement comprimées par les cylindres de façon qu'après le séchage il reste une substance très poreuse. On les imprègne ensuite d'un mélange d'ozokérite, de résine et d'alun. P. L. C.

TRACTION.

La traction électrique dans la région de Newcastle-on-Tyne, sur le réseau du North-Eastern Railway. (*Tramway and Railway World*, t. XV, p. 17-33, 14 janvier 1904).

Sur la distance de 13^{km} qui sépare Newcastle de la mer, la vallée de la Tyne, avec sa dense population et sa grande activité industrielle, convient admirablement à l'exploitation des tramways et des chemins de fer électriques. Les tramways y sont déjà fort développés et c'est leur concurrence qui a déterminé la North-Eastern Railway Company à adopter, pour le trafic voyageurs, la traction électrique sur cette partie de son réseau. Sauf sur un court tronçon de ligne, on conservera les locomotives à vapeur pour les trains de marchandises. Le nouveau système de traction entrera en fonctionnement à l'époque de Pâques.

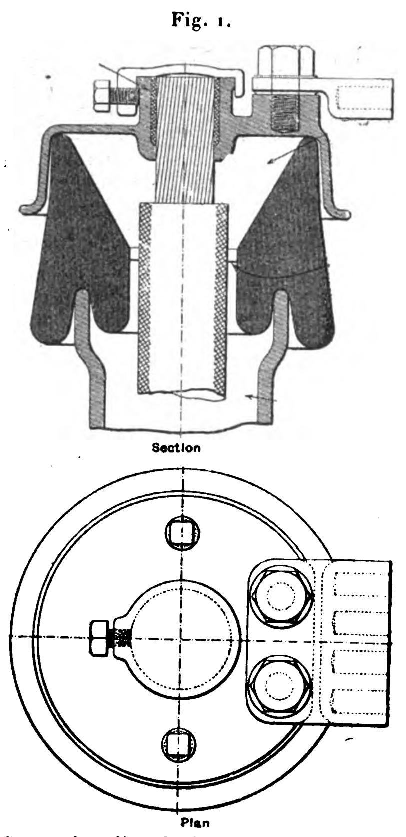
Le réseau électrique comprendra 60^{km} de voies simples, doubles ou quadruples, ou environ 130^{km} de voie simple. L'énergie sera fournie aux trains sous forme de courant continu, au moyen d'un troisième rail posé le long de la voie. Les rails de roulement formeront le conducteur de retour. Le courant de travail sera fourni par des commutatrices et des transformateurs statiques, qui convertiront en courant continu à 600 volts le courant triphasé à

6...

5500 volts et 40 périodes transmis par les usines génératrices (¹).

La construction de la ligne électrique a été confiée à la British Thomson-Houston Company. Le troisième rail, du type Vignole, est en acier de haute conductivité; il pèse 36kg au mètre. Il est porté par des isolateurs en pierre artificielle (*reconstructed granite*) placés eux-mêmes sur des piliers de fonte. Sur les voies doubles, les deux rails de prise de courant sont placés normalement entre les deux voies, mais, aux points de croisement et d'embranchement, ils sont en dehors des voies. Aux passages à niveau et aux stations, le troisième rail est protégé par deux planches créosotées. Nous reproduisons

Fig. 1.



Connexion d'un feeder au troisième rail.

en note (²) quelques détails sur la connexion des feeders aux rails et sur l'éclissage électrique.

(¹) C'est la fréquence de 25 périodes par seconde qui est généralement recommandée pour les réseaux de traction, mais, dans le cas actuel, la fréquence 40 se trouvait imposée, car c'est celle du réseau de la Newcastle Electric Company, qui doit fournir l'énergie au chemin de fer et qui alimente aussi des lampes et des moteurs fixes.

(²) La figure 1 montre la disposition adoptée pour la connexion d'un feeder au troisième rail. Le feeder, tiré à l'intérieur d'un pilier de fonte, aboutit à une cavité remplie de bitume à la partie inférieure et d'un composé isolant au-dessus. L'extrémité du câble est soudée à un chapeau de bronze qui s'adapte sur l'isolateur; sur ce chapeau est boulonné un raccord auquel sont soudées quatre éclisses électriques dont les autres extrémités sont reliées au troisième rail. Cette disposition permet de découpler au besoin le feeder.

Ce sont les rails de roulement qui servent au retour du courant, mais on a prévu l'installation d'un quatrième rail au milieu de la voie, pour le cas où le trafic deviendrait très intense. L'éclissage électrique des rails de roulement se fait par le système du joint British Thomson-Houston; aux croisements de voies, on emploie des raccords souterrains formés de tronçons de câbles armés. Les feeders de retour sont au nombre de 14; leurs extrémités sont munies d'isolateurs analogues à ceux des feeders positifs, mais placés sous terre et protégés par des boîtes de fonte; on peut les découpler pour les essais. De l'extrémité de chacun de ces feeders partent quatre raccords, dont deux vont à un rail et deux à l'autre.

Sur plusieurs ponts, on n'a pu se servir du troisième rail de type Vignole, parce qu'entre la charpente du pont et la base du rail il n'y avait pas place pour les isolateurs et leurs supports; on a adopté en ces points un rail à gorge.

La Compagnie du North-Eastern ne construit pas d'usine génératrice pour son exploitation; elle a traité, pour la production de l'énergie nécessaire, avec la Newcastle Electric Supply Company, qui possède une usine à Neptune Bank et qui en construit une autre à Carville, toutes les deux sur la rive nord de la Tyne, à peu près à mi-chemin entre Newcastle et la mer. A Carville, les groupes électrogènes seront des turbo-alternateurs, dont la construction a été confiée à C.-A. Parsons et Cie. Cette Société installe un groupe de 2000 kilowatts et deux de 3500 kilowatts, comprenant chacun une excitatrice; les alternateurs, à induit fixe et inducteur tournant, produisent des courants triphasés à 40 périodes et 5500 volts, à la vitesse de 1200 tours par minute. Les deux grands alternateurs peuvent supporter une charge de 5000 kilowatts pendant 2 heures.

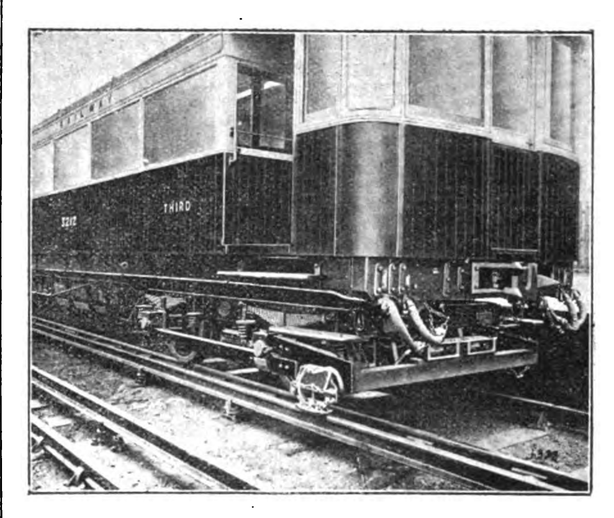
L'encombrement des groupes électrogènes étant très faible par rapport à celui des chaudières, on n'a pas adopté ici la disposition usuelle qui consiste à construire la salle des chaudières parallèle à celle des machines. Chaque turbine est alimentée par une rangée de chaudières installée perpendiculairement à la salle des machines; ces rangées forment deux à deux des chaufferies munies de carneaux indépendants, d'économiseurs, de ventilateurs et d'une courte cheminée de fer. On obtient par cette disposition une tuyauterie très courte et très simple et l'on peut accroître facilement la puissance des unités et les dimensions de l'usine. On a prévu l'installation de 5 groupes électrogènes. La vapeur est fournie aux turbines à la pression 14 kg:cm², avec une surchauffe de 67° C. Les générateurs de vapeur sont des chaudières tubulées Babcock and Wilcox, chargées mécaniquement.

Les tableaux de distribution, construits par la British Thomson-Houston Company, sont constitués par des panneaux d'ardoise émaillée montés sur des fers cornières. Le tableau proprement dit est installé sur une plate-forme qui s'étend sur toute la longueur de l'usine. L'appareillage à haute tension est renfermé dans un bâtiment spécial, contigu à l'édifice principal. Le tableau comprend trois sections : la première se compose de 11 panneaux de feeders pour la North-Eastern Railway Company et de deux panneaux affectés à deux groupes de transformateurs statiques, chacun de 750 kilowatts; la seconde section comprend les panneaux des feeders qui relient la station de Neptune Bank à celle de Carville; enfin la troisième se compose des 6 panneaux de feeders de la Newcastle Electric Supply Company. Nous reproduisons en note (¹) quelques détails sur l'appareillage.

Le courant sera transmis du tableau par des feeders à trois conducteurs, isolés au papier et recouverts d'une enveloppe de plomb, posés le long du chemin de fer dans des caniveaux de bois. Ils alimenteront cinq sous-stations, dont le matériel sera fourni par la British Westinghouse Company. On y installe quatorze commutatrices de 800 kilowatts.

Le matériel roulant comprend des voitures motrices et des remorques. Ce sont des voitures à couloir, éclairées et chauffées à l'électricité. Chacune d'elles est portée par deux bogies à quatre roues. Dans les trucks moteurs, des socles venus de fonte avec les boîtes à graisse supportent des poutres en chêne auxquelles sont fixés les frotteurs de prise de courant. Chaque frotteur est muni d'un fusible à soufflage magnétique. La figure 2, reproduction d'une photographie que nous a gracieusement prêtée

Fig. 2.



Vue des frotteurs d'une voiture motrice.

notre confrère *Tramway and Railway World*, montre les frotteurs.

Pour supporter les moteurs, on emploie la disposition dite *suspension par le nez*. Chaque motrice est munie de deux moteurs C. G. 66, timbrés chacun à 150 chevaux. Les deux moteurs sont placés sur le même bogie. On emploiera le système à unités motrices multiples. Le train normal se composera de deux motrices comprenant entre elles une remorque, mais on réunira au besoin deux trains ensemble.

Il n'y a dans chaque motrice qu'une cabine pour le wattman, mais, dans quelques-unes de ces voitures, un deuxième combinateur est installé à l'autre extrémité. Les moteurs sont du type normal Thomson-Houston; la note (¹) donne quelques détails sur leur construction.

(¹) Tous les interrupteurs à haute tension étant commandés électriquement, il n'y a sur le tableau que des appareils à basse tension. Des lampes-témoins rouges et vertes montrent si l'interrupteur à huile correspondant à chaque panneau est fermé ou ouvert. Dans leur bâtiment spécial, les interrupteurs à haute tension sont au même niveau que les panneaux du tableau, et les deux étages supérieurs de ce bâtiment sont occupés par deux groupes de barres à haute tension, renfermés dans des chambres spéciales. Les interrupteurs à haute tension sont commandés du tableau au moyen de petits combinateurs et par l'intermédiaire de relais qui ferment automatiquement le circuit de commande en cas de surcharge ou d'inversion de courant. Les panneaux des feeders et des câbles d'interconnexion sont munis de disjoncteurs à maximum à action différée. Les panneaux d'alternateurs sont munis de relais qui fonctionnent en cas d'inversion du courant. En outre, chaque panneau de feeder est pourvu de parafoudres, placés à l'étage au-dessous des interrupteurs à haute tension. Tous les interrupteurs à haute tension sont du type Thomson-Houston, à rupture dans l'huile, forme H; ils sont manœuvrés par un petit moteur à courant continu placé au-dessus de l'appareil. Chaque phase est renfermée dans des compartiments en maçonnerie. Les transformateurs des appareils de mesure et ceux qui servent à la synchronisation sont aussi placés dans le bâtiment de l'appareillage à haute tension ; ils sont isolés à l'huile et montés de manière à écarter tout danger de choc accidentel.

(¹) La culasse des inducteurs, coulée d'une seule pièce, est en acier doux; elle est percée à chaque extrémité d'une large ouverture, permettant de retirer l'induit, les pièces polaires et les bobines inductrices. D'autres ouvertures permettent la visite du collecteur et assurent la ventilation. L'induit, à tambour, est enroulé en série; les conducteurs sont des barres de cuivre spécialement fabriquées pour éviter les courants de Foucault. L'enroulement comprend 39 bobines composées chacune de 5 spires. Les conducteurs sont isolés séparément au mica, et chaque groupe de 5 conducteurs reçoit un isolement additionnel de mica, et une enveloppe formée d'un ruban de coton spécial. Un pareil isolement peut supporter une température élevée. Le collecteur se compose

Le système de commande à motrices multiples Sprague-Thomson-Houston a déjà été décrit. Rappelons qu'au-dessous de chaque voiture motrice sont fixés un certain nombre d'interrupteurs à commande électrique, appelés *contacteurs*, qui établissent les connexions nécessaires dans le circuit des moteurs et mettent en circuit ou hors circuit, section par section, les résistances de réglage. Le courant qui fait agir ces contacteurs est transmis par un câble à neuf conducteurs posé le long de la voiture motrice et muni de raccords à chaque extrémité. Les voitures de remorque portent aussi un câble semblable. On a donc, sur toute la longueur du train, un câble continu à neuf conducteurs, et, en faisant passer le courant dans un quelconque des fils, en un point quelconque du train, on actionne simultanément les contacteurs correspondants sur toutes les voitures motrices. Les combinaisons voulues des moteurs et des résistances s'exécutent alors en même temps dans tout le train. L'appareil qui sert au wattman à envoyer le courant à volonté dans le câble à neuf conducteurs s'appelle le combinateur principal (*master controller*); on peut le placer où l'on veut. Le courant de travail ne passe ni dans le combinateur principal ni dans le câble à neuf fils : chaque motrice recueille son courant au moyen des frotteurs dont elle est pourvue. Des dispositifs automatiques maintiennent constante l'accélération du train et limitent l'intensité du courant de démarrage. De plus, si le wattman vient à abandonner le levier de manœuvre, le courant est coupé instantanément à tous les moteurs et les freins appliqués à toutes les voitures.

Le courant nécessaire aux circuits de commande, à la tension de 550 volts, est de 2,5 ampères par voiture pour deux moteurs de 200 chevaux.

Les trains seront munis de freins à air comprimé. Les compresseurs d'air, actionnés électriquement, seront du modèle Thomson-Houston.

Pour recueillir le courant, chaque motrice a quatre frotteurs, un des deux côtés de chaque bogie, et tous les frotteurs du train sont reliés entre eux, pour éviter l'interruption du courant aux croisements de voies et embranchements.

de 195 lames de cuivre dur, isolées entre elles et de l'arbre par des lames et des cônes de mica. Les enroulements inducteurs, formés par des rubans de cuivre, sont séparés des bobines métalliques par un isolement de mica, d'amiante et de drap; un isolement d'amiante sépare les spires. Les bobines, au nombre de quatre, sont maintenues en place par les pièces polaires feuilletées. Il y a deux porte-balais en bronze, portant chacun deux balais de charbon. Le pignon du moteur est en acier forgé, la roue dentée en acier coulé. Le moteur complet, avec la roue dentée et sa boîte, pèse 2000^{kg}. L'isolement des inducteurs subit un essai à la tension de 4000 volts alternatifs, et l'induit est éprouvé à une tension de 3000 volts appliquée entre les conducteurs et le noyau.

On construit 58 voitures motrices et 32 voitures de remorque.

De Newcastle à Tynemouth, la durée du trajet sera d'environ 23 minutes pour les trains omnibus ordinaires, à la vitesse moyenne de 35^{km} à l'heure, arrêts compris. La durée sera réduite à 15 minutes pour les trains express.

Sur un tronçon de ligne presque entièrement souterrain, l'embranchement de Quayside, l'électricité sera appliquée aussi au transport des marchandises. On construit dans ce but deux locomotives spéciales, pouvant remorquer chacune un train de 150 tonnes sur une rampe de 37 pour 100, à la vitesse de 14 à 16 km : h. Ce seront les locomotives électriques les plus puissantes d'Angleterre. P. Labrouste.

La traction électrique par courants alternatifs, par A.-C. EBORALL. Communication faite à la séance du 15 décembre 1903 de la Section de Manchester de l'Institution of Electrical Engineers. (*The Electrician*, t. LII, p. 327-330 et 371-375, 18 et 25 décembre 1903.)

D'après l'auteur, les courants alternatifs triphasés et monophasés ne peuvent avoir d'intérêt que pour la traction à grandes distances, sur des lignes telles que Manchester à Liverpool ou Londres à Brighton, et non pas pour les tramways ou métropolitains à démarrages fréquents où le courant continu est préférable.

Courants triphasés. — Le Tableau ci-contre donne une comparaison entre deux moteurs de même puissance, l'un à courants triphasés de 25 périodes, l'autre à courant continu, de 80 chevaux à 720 tours, avec un excès de température ne dépassant pas 75°C. après 1 heure de marche à pleine charge.

On voit qu'il n'y a pas grande différence dans les poids et dimensions, à peine un léger avantage en faveur du courant continu. Le prix du moteur avec son appareillage est notablement plus grand pour le moteur triphasé; par contre, les frais d'entretien de ce type sont plus réduits que ceux du moteur à courant continu. Le facteur de charge est un peu faible, 83,5 pour 100 à pleine charge et 66 pour 100 à demi-charge, parce que, pour des moteurs triphasés destinés à la traction, il faut prévoir des entrefers plus grands que sur des moteurs d'installation fixes : dans le cas particulier $1^{mm},7$ alors que $0^{mm},9$ suffirait pour un moteur fixe. Ce sont là les seuls inconvénients. Comme avantages : le rendement à toutes charges est un peu plus grand pour le moteur triphasé, surtout aux faibles charges; le couple au démarrage est égal à trois fois le couple normal, c'est-à-dire plus grand qu'avec le courant continu. La dépense plus grande nécessitée dans la pose des lignes

	MOTEUR à courants triphasés.	MOTEUR à courant continu.
Puissance normale à 500 volts	80 HP	80 HP
Puissance momentanée possible (3 minutes)	200 HP	160 HP
Vitesse à $\frac{1}{4}$ de surcharge	717 tours : m.	650 tours : m.
» à charge normale	725 »	710 »
» à $\frac{3}{4}$ de charge	732 »	790 »
» à $\frac{1}{2}$ »	739 »	940 »
» à $\frac{1}{4}$ »	745 »	1250 »
Rendement à $\frac{1}{4}$ de surcharge	89 pour 100	86 pour 100
» à charge normale	90 »	88,5 »
» à $\frac{3}{4}$ de charge	90,2 »	87 »
» à $\frac{1}{2}$ »	90,0 »	83 »
» à $\frac{1}{4}$ »	86,5 »	74 »
Facteur de puissance à $\frac{1}{4}$ de surcharge	85,5 »	//
» à charge normale	83,5 »	//
» à $\frac{3}{4}$ de charge	78,5 »	//
» à $\frac{1}{2}$ »	66,0 »	//
» à $\frac{1}{4}$ »	45,5 »	//
Courant à $\frac{1}{4}$ de surcharge	113 ampères	174 ampères
» à charge normale	92 »	134 »
» à $\frac{3}{4}$ de charge	73 »	103 »
» à $\frac{1}{2}$ »	58 »	72 »
» à $\frac{1}{4}$ »	44 »	41 »
Courant à vide ($\cos\varphi = 0,084$)	38 »	//
Poids total y compris engrenages	1,7 tonne	1,53 tonne
Longueur totale	$1^{m},17$	$0^{m},96$
Largeur totale	$1^{m},20$	$1^{m},10$
Hauteur totale	1^{m}	$0^{m},70$
Entrefer	$1^{mm},7$	$6^{mm},3$
Prix relatif du moteur	1,25	1
Prix relatif du combinateur et des résistances	1,20	1

triphasées est compensée par la possibilité de faire fonctionner les moteurs à plus haute tension; la sécurité de l'isolation limite seule cette tension. Dans le cas d'arrêts peu fréquents, on peut faire toutes les manœuvres, sauf le changement de marche, sur le rotor et ne toucher à la haute tension qu'aux terminus, à l'aide d'interrupteurs à huile, ce qui facilite l'isolation. Quoiqu'on trouve en service actuellement des moteurs fonctionnant à 3000 et 6000 volts (on en a même essayé à 10000 volts en Allemagne) [1], l'auteur estime préférable de ne pas dépasser 2000 volts, valeur assez élevée pour permettre une captation facile du courant pour les trains les plus lourds.

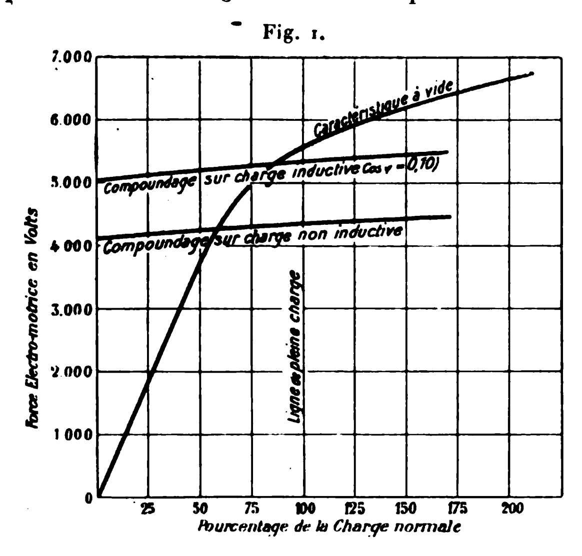
Un des points faibles du moteur triphasé est la difficulté de faire varier la vitesse dans des limites étendues, car le glissement varie très peu avec la charge, il n'est que de 13,5 pour 100 lorsque la puissance passe de sa valeur normale de 80 chevaux à celle de 200 chevaux [1].

[1] *Écl. élect.*, t. XXIV, p. 95, 17 janvier 1903.

[1] Un moyen d'obtenir une seconde vitesse de marche, généralement moitié moindre, consiste à employer 2 moteurs montés en cascade, comme la maison Ganz l'a fait, sur les lignes de la Valteline, et l'avait proposé pour l'équipement des lignes du Metropolitan District de Londres, mais ce moyen est compliqué. Le procédé le plus souvent employé, et utilisé dans les essais de Zossen, consiste à introduire des résistances dans le rotor, mais il ne peut fournir que des variations assez faibles de vitesse, sinon on arriverait à des pertes d'énergie par trop fortes. Avec ce procédé, en effet, lorsque l'on réduit la vitesse, la puissance dépensée dans le moteur et ses résistances reste la même, il n'y a donc aucun intérêt à réduire la vitesse pour la montée des rampes; mais alors, en gravissant ces rampes à pleine vitesse et à couple constant, la puissance prise par le moteur devient très élevée. Aussi fait-on travailler généralement les moteurs à surcharge dans les rampes; il en résulte la nécessité de faire des trains supplémentaires aux moments de grand trafic, car, si l'on augmente la charge des trains, on risque de caler les moteurs sur les fortes rampes, à moins de prévoir des moteurs de puissance plus forte et par suite mal utilisés dans les paliers, et difficiles à loger sous les châssis.

Un point important à considérer est la grande influence des baisses de tension sur les moteurs triphasés dont le couple est proportionnel au carré de la tension, tandis que dans les moteurs à courant continu ce couple est seulement proportionnel à la tension. Un moteur triphasé de 80 chevaux, qui en surcharge peut développer 200 chevaux pendant quelques minutes à 500 volts, ne pourra plus, si la tension tombe seulement de 7,5 pour 100, développer que 172 chevaux et, par conséquent, on peut arriver à caler le moteur dans un démarrage effectué sur une forte rampe, si une trop forte baisse de tension se produit. On était ainsi conduit jusqu'à présent à donner au matériel générateur de l'usine centrale 30 pour 100 environ de plus de puissance qu'avec du courant continu, pour éviter des chutes de tension trop élevées sur la ligne; mais cet inconvénient n'existe plus maintenant que l'on construit des alternateurs triphasés automatiquement compoundés et même légèrement surcompoundés comme

Fig. 1.



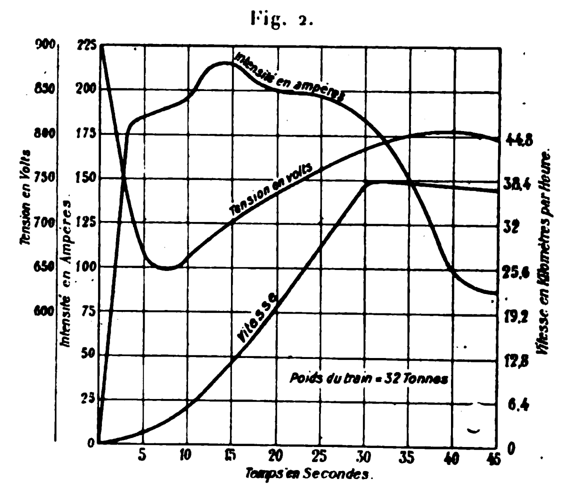
ceux de Heyland ([1]) dont la figure 1 donne une caractéristique.

Les courbes 2 et 3 montrent les démarrages relevés, l'un sur la ligne triphasée Burgdorf-Thun avec un train de 32 tonnes et l'autre sur l'aérien de Liverpool à courant continu avec un train de 55 tonnes. La chute de tension est à peu près la même dans les deux cas, 27 pour 100 environ (malgré l'apparence des courbes qui ne sont pas à la même échelle), mais le train de la Valteline a les $\frac{2}{3}$ seulement de la charge de celui de Liverpool et une vitesse finale moins grande.

([1]) Il existe d'autres procédés de compoundage des alternateurs que celui d'Heyland, tels ceux de Boucherot et de Maurice Leblanc. *N. d. l. R.*

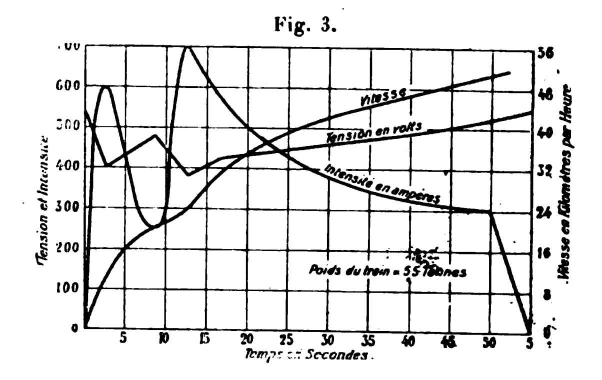
Il est donc bon, pour la traction à courants polyphasés, de disposer les transformateurs sur la ligne de manière à avoir une tension plus forte dans les

Fig. 2.



régions de forte rampe. Il y aurait bien un moyen d'accroître sur les rampes la tension dans le moteur, en passant du montage en étoile à celui en triangle;

Fig. 3.



mais ce changement de connexions conduit à des complications trop grandes, surtout si les moteurs travaillent à tension élevée.

Les courants triphasés permettent facilement la production au démarrage d'un couple triple du couple normal, par simple introduction de résistances dans le rotor, mais il en résulte une perte d'énergie, 20 pour 100 plus grande qu'avec le démarrage par couplage en série parallèle des moteurs à courant continu, et, si l'on voulait dépasser des accélérations de $0^{m},15$: s : s, on arriverait à des dépenses considérables dans les résistances ([1]).

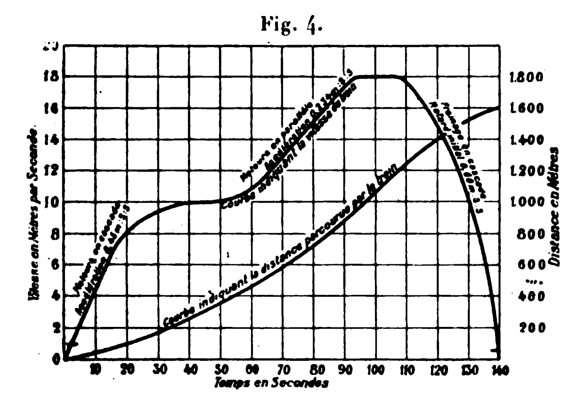
([1]) Le démarrage s'effectue dans les deux cas dans des conditions tout à fait différentes. Avec les courants triphasés, la vitesse croît d'une manière uniforme, tandis que pour le courant continu l'accélération est très rapide au début et plus lente ensuite; comme conséquence les variations du

A l'aide du montage en cascade, on peut obtenir une demi-vitesse avec une perte moindre que par l'introduction de résistances dans le rotor, mais le rendement et le facteur de puissance des deux moteurs sont bien inférieurs à ceux des moteurs isolés, surtout si la fréquence est un peu élevée; de sorte qu'en pratique on se contente généralement, comme on le fait à la Valteline, d'employer ce montage pour les démarrages et les arrêts, c'est-à-dire pendant très peu de temps et seulement avec de basses fréquences, de 25 périodes au maximum.

Pour que l'ensemble des deux moteurs en cascade ait un facteur de puissance acceptable (80 pour 100 à la Valteline), il faut que le moteur principal ait un facteur de puissance propre très élevé supérieur à 90 pour 100 (92 pour 100 à la Valteline); il est alors nécessaire de mettre sur ce moteur un petit nombre de pôles, 6 pôles au maximum dans les conditions usuelles ([1]).

De toutes manières le montage en cascade cause une augmentation de poids de l'équipement des locomoteurs : il exige deux manettes au combinateur

Fig. 4.



et ne se prête pas à la commande par *unités multiples*.

La figure 4 montre la courbe de démarrage exécutée par M. Kapp avec un train d'expérience de 54 tonnes à la Valteline. Il est à remarquer qu'à l'arrêt on fait le couplage en cascade dès le commencement du freinage, de sorte qu'il y a récupération jusqu'au moment de la demi-vitesse parce que pendant toute cette période les moteurs fonctionnent en génératrice. L'énergie ainsi récupérée atteint 12 pour 100, paraît-il, à la Valteline et aurait été de 9 pour 100 sur le cercle intérieur du Métropolitain. On a relevé pendant cet essai les chiffres suivants :

Distance parcourue	1746^{m}
En un temps de.............	140 secondes
Vitesse maximum de régime.	72^{km} par heure

Les résultats obtenus sont bien meilleurs que ceux qu'on aurait eus par introduction de résistances dans le rotor, mais correspondent encore à une perte d'énergie supérieure à celle donnée par les moteurs à courant continu par le couplage en série parallèle, et c'est pourquoi l'on ne cherche pas à atteindre avec le triphasé, même en employant le montage en cascade, les accélérations obtenues avec le continu. C'est ainsi qu'à la Valteline l'accélération moyenne est $0^{m},12$: s : s avec une vitesse maximum de 80 kilomètres par heure (M. Blathy a écrit à l'auteur qu'on pourrait arriver à des accélérations plus fortes, avec les mêmes moteurs, en modifiant simplement les résistances), tandis qu'elle a été de $2^{m},6$: s : s dans des essais effectués sur l'aérien à courant continu de Liverpool, avec vitesse maximum de 51 kilomètres par heure, et même de $2^{m},58$: s : s avec vitesse maximum de 81 kilomètres par heure, dans des essais exécutés avec des locomotives à vapeur sur le New-York Central.

L'auteur ne fait que signaler les procédés de régulation des moteurs triphasés à l'aide de transformateurs à tension variable placés sur la voiture, parce qu'il les trouve trop compliqués ([1]).

Courant alternatif monophasé. — En dehors des moteurs synchrones, les moteurs monophasés comprennent :

1° Les moteurs d'induction ordinaires;

2° Les moteurs-série (Lamme, Finzi);

3° Les moteurs à collecteur d'induction (E. Arnold, Déri, Schuler);

4° Les moteurs-série à répulsion (Latour, Eichberg-Winter).

Les appareils de la première catégorie ont comme unique avantage de ne pas comporter de collecteur, mais ils ne peuvent être employés directement pour

courant et de l'énergie demandés à la ligne sont moins fortes et le choc est moins grand pour les voyageurs dans le premier cas que dans le second; mais ce léger avantage du courant triphasé est compensé par le fait que le temps total mis pour atteindre la vitesse normale est plus grand qu'avec le courant continu.

([1]) A la Valteline on emploie, en plus du montage en cascade, des résistances intercalées dans le rotor des moteurs; ce sont les mêmes résistances qui sont introduites successivement dans le rotor du moteur auxiliaire et dans celui du principal ou *vice versa*, parce que le montage en cascade n'est que temporaire. Mais, si l'on voulait marcher d'une manière permanente avec ce montage, il faudrait employer des résistances spéciales, ce qui compliquerait l'installation; il serait alors également presque nécessaire de disposer un survolteur sur le locomoteur, de manière à augmenter la puissance développée par le moteur, comme l'a proposé le Dr Reichel de la maison Siemens et Halske.

([1]) Ces procédés ont une grande supériorité sur les méthodes par résistance dans le rotor et de la mise en cascade, au point de vue de la perte d'énergie au démarrage.

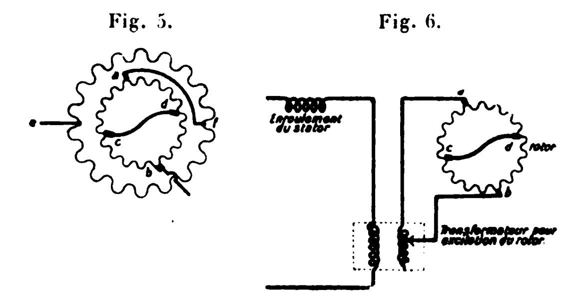
la traction, car ils ont un facteur de puissance encore plus faible que les moteurs triphasés, ne peuvent presque pas supporter de surcharge et ont un faible couple de démarrage : 1,75 fois seulement le couple normal. Arnold a proposé de les employer accouplés avec un moteur à air comprimé [1], et la Société Œrlikon, comme réceptrice à 1500 volts pour conduire une génératrice à courant continu à 500 volts. L'auteur doute que de tels dispositifs puissent jamais entrer dans la pratique.

Des appareils, appartenant à la seconde classe, ont été construits en Angleterre il y a 10 ans; mais, comme on s'était contenté de prendre des moteurs-série à inducteurs lamellés, et qu'on les faisait marcher à 80 ou 100 périodes, ils étaient très lourds, avaient un très mauvais rendement et un très mauvais facteur de puissance et donnaient beaucoup d'étincelles au collecteur. Dans ces derniers temps, on est arrivé à de bons résultats avec une fréquence très basse, de 15 à 20 périodes, comme dans les essais du Dr Finzi, et en prenant les précautions suivantes : les étincelles au collecteur sont évitées d'abord par la basse fréquence, puis en reliant les bobines aux lames du collecteur par des fils de maillechort ou en faisant usage d'un double enroulement Weston; les pertes dans le fer et dans le cuivre se trouvent réduites par l'abaissement de la fréquence, mais sont toujours assez fortes; on réduit la réaction d'induit et l'on augmente par suite le facteur de puissance en plaçant des circuits amortisseurs dans l'inducteur (Stanley) ou en saturant les cornes polaires (Lamme) ou en creusant des canaux dans les pièces polaires (Finzi). Le moteur-série à courant alternatif a les mêmes avantages que celui à courant continu, au point de vue de la variation de vitesse et du grand couple au démarrage, les limites étant toutefois un peu plus faibles; mais l'emploi de la basse fréquence augmente le prix du matériel générateur et transformateur. Ce moteur ne peut fonctionner qu'à basse tension, 160 volts par exemple, et exige par conséquent un transformateur réducteur sur la voiture, mais on en profite pour produire les variations de vitesse en faisant varier le rapport de transformation du transformateur, de sorte que les pertes aux démarrages sont bien plus faibles qu'avec le courant continu, ce qui compense un peu la faiblesse du rendement en pleine marche.

Les moteurs de la troisième classe, composés d'un stator de moteur d'induction et d'un rotor de moteur continu, fonctionnent au démarrage comme moteur à collecteur à pôles inducteurs non saillants, et ensuite en moteur d'induction, dont le fonctionnement est près du synchronisme. On a ainsi un bon rendement, aussi bien au démarrage qu'en pleine marche. Dans les types de E. Arnold, l'opération se fait par mise en court-circuit centrifuge du collecteur; dans le type Déri, par changement des pôles du stator; dans les deux cas, le passage, qui a lieu brusquement, donne lieu à des courants d'égalisation qui ne permettent l'emploi des appareils que dans des installations fixes. L'auteur ne croit même pas à l'application du type Schuler, dans lequel le collecteur est mis en court-circuit progressivement par une bague glissant sur des résistances groupées en étoile. L'avantage de ces moteurs sur ceux de la deuxième classe est qu'ils peuvent fonctionner à haute tension.

L'auteur estime au contraire que les moteurs à répulsion de la quatrième catégorie seront peut-être appelés bientôt à un grand avenir pour la traction. Les types Latour et Winter-Eichberg, représentés schématiquement sur les figures 5 et 6, sont semblables en principe; ils se composent tous deux d'un stator de moteur d'induction, en série avec un rotor de moteur continu; le champ inducteur est créé par ce dernier, qui est alimenté par la source extérieure de courant à l'aide de deux balais a, b; deux autres balais c, d, généralement calés à angle droit avec les premiers et reliés en court-circuit, servent à créer le champ de répulsion et à compenser la réactance du stator. La seule différence [1] est que, dans le moteur Latour, le stator et le rotor sont reliés en série *directement* et alimentés *tous deux* par un courant *réduit* au préalable à quelques centaines de volts par un transformateur, tandis que dans le moteur Eichberg la liaison en série du rotor et du stator est *indirecte*, le stator est alimenté directement *à haute tension* avec intercalation du primaire d'un transformateur dont le secondaire est en série avec le rotor. Avec cette dernière disposition, la variation de vitesse du moteur pouvait être obtenue simplement en faisant varier le nombre de spires du secondaire, c'est-à-dire en n'agissant que sur un circuit à basse tension. Par exemple dans des essais effectués avec un moteur Eichberg, à Berlin, par la

Fig. 5. Fig. 6.



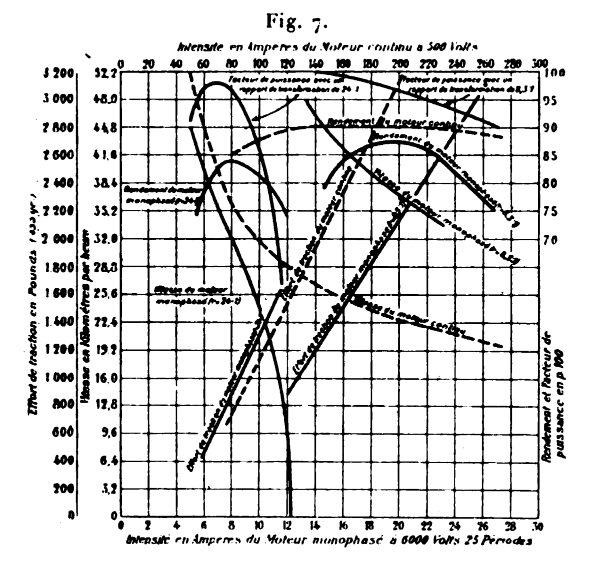
[1] *La Revue électrique*, t. I, p. 13, 15 janvier 1904.

[1] Cette distinction émane, bien entendu, de l'auteur. (*N. d. l. R.*)



Cie *Union*, et dont la figure 7 donne les résultats, le rapport de transformation pouvait varier de $\frac{1}{8,3}$ à $\frac{1}{24}$. La voiture d'essai pèse 52 tonnes et contient

Fig. 7.



deux moteurs de 125 chevaux alimentés à 6000 volts et 25 périodes; le poids total de l'équipement électrique est de 6 tonnes environ. On a représenté ainsi sur ces courbes (qui doivent être lues de gauche à droite), à titre de comparaison, les résultats des nouveaux moteurs-série à courant continu, également de 125 chevaux, du *Central London*. Le démarrage et le réglage de la vitesse se faisant sans introduction de résistances dans le moteur Eichberg sont plus économiques qu'avec le courant continu.

On peut obtenir au démarrage des couples très grands analogues à ceux du moteur continu, comme on le voit sur la figure 7, qui donne les relevés pour les deux rapports de transformations extrêmes du transformateur. Le facteur de puissance reste dans tous les cas très voisin de l'unité. Seuls les rendements sont un peu plus faibles qu'avec le courant continu. La seule difficulté, d'après l'auteur, pourrait résider dans les étincelles aux balais en court-circuit du collecteur, aux vitesses inférieures au synchronisme et il n'a pas de renseignements à ce sujet; il pense toutefois qu'avec une fréquence de l'ordre de 25 périodes, cette difficulté pourra probablement être surmontée, comme elle l'a été dans les moteurs-série à courants monophasés, dont il a été parlé précédemment. — CH. JACQUIN.

Voiture d'essai à moteurs à courants alternatifs simples de la Westinghouse Company. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 141, 23 janvier 1904). — Cette voiture, en essais sur les lignes qui desservent les ateliers de Pittsburg, est pourvue de quatre moteurs monophasés de 125 chevaux sous 255 volts. L'article donne le diagramme des circuits, une vue et un plan de cette voiture.

Tampons électromagnétiques. (*Génie civil*, t. XLIV, p. 323, 19 mars 1904, d'après *Elektrotech. Anzeiger*). — Les tampons ordinaires sont remplacés par des électro-aimants en cloche, de même diamètre que les tampons; l'enroulement comprend 300 tours d'un fil de 1^mm^,5 de diamètre. Avec 4 ampères et un entrefer de 0^mm^,5 l'effort exercé atteint 8500^kg^, valeur plus que suffisante pour rendre solidaires les wagons. Ce système d'attelage rend de grands services dans les manœuvres. Il peut d'ailleurs être facilement appliqué aux locomotives à vapeur, la puissance nécessaire à l'excitation des électro-aimants ne dépassant pas 40 watts et pouvant dès lors être fournie par une petite batterie d'accumulateurs.

Sur les freins de tramways et de chemins de fer, par R.-A. PARKE. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 30-34, 2 janvier 1904). — Communication faite à la séance du 19 décembre du New England Street Railway Club, de Boston, et dans laquelle l'auteur passe en revue les progrès des procédés de freinage en insistant particulièrement sur le freinage par l'air comprimé.

Frein à air comprimé des tramways de Saint-Louis (États-Unis). (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 208-210, 6 février 1904).

L'effet des fréquents arrêts sur les lignes de tramways à grande vitesse, par A.-H. ARMSTRONG. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 70-72, 9 janvier 1904). — L'auteur fait ressortir la perte considérable d'énergie que causent les arrêts fréquents ou même les ralentissements en courbes; il conclut qu'il est indispensable d'éviter les courbes de faibles rayons dans l'établissement de la voie et qu'il convient d'organiser le service d'exploitation de manière à diminuer le nombre des arrêts de chaque train.

Ligne à troisième rail de San Francisco à San Rafael. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 4-11 et 56-68, 2 et 9 janvier 1904). — Cette ligne, autrefois exploitée par locomotives à vapeur, a une longueur de 19^km^; elle part de Sausalito, situé en face de San Francisco et relié à cette dernière ville par un ferry-boat. Une des particularités de l'installation est l'emploi de feeders en aluminium pour l'alimentation du troisième rail. L'énergie est fournie à des sous-stations sous forme de courants triphasés à 40000 volts provenant d'une usine hydraulique située à 240^km^ de distance; une usine à vapeur de secours, avec chauffage au pétrole, a été érigée.

Ligne à troisième rail de Jackson à Rattle Creek (Etats-Unis). (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 11-17, 2 janvier 1904.) — Ligne à voie unique de 75^km^ de longueur dont 13^km^ environ sur voies publiques; la durée du trajet est de 1^h^35^m^, le prix de 0^fr^,05 par kilomètre. L'article en donne une description largement illustrée.

La traction électrique sur les grandes lignes des chemins de fer italiens, par PIETRO LANINO. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 103, 11 février 1904). — Exposé des installations de traction électrique sur les lignes italiennes.

Tramways suburbains d'Indianopolis (États-Unis). (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 126-132, 23 janvier 1904). — Description de l'ensemble du réseau suburbain et en particulier d'une nouvelle ligne, s'étendant jusqu'à Lafayette et Crawfordsville. L'usine génératrice contient trois alternateurs triphasés de 800 kilowatts, 400 volts, alimentant quatre sous-stations avec convertisseurs rotatifs.

BREVETS RÉCENTS.

Tramway à contact superficiel : GUEST. USAP. 750966, 26 février 1903.

Chemin de fer électrique : MORDEN. DRP. 149728, 27 novembre 1903. — ZUPPINGER. DRP. 149716, 12 novembre 1902.

Conducteur électrique pour chemins de fer : STEWART. DRP. 149271, 25 novembre 1902.

Troisième rail : JOHNSTONE. USAP. 751175, 10 octobre 1903.

Croisement de conducteurs de trôlet : COLLINS. USAP. 751900, 2 février 1901.

Trôlet : BURTON et LEACH. BP. 3709, 1903. — CANTONO. USAP. 749916, 3 août 1903. — CROCKETT et JOHNSON. USAP. 750818, 4 avril 1903. — JOHNSON. USAP. 750368, 14 mai 1903. — HALL. BP. 25, 1903. — HILL. BP. 28932, 1902. — HOLYLAND. USAP. 750458, 6 juin 1903. — KELLY. USAP. 751298, 11 juillet 1903. — KERMATH. USAP. 749795, 9 octobre 1903. — PALMER. USAP. 751749, 14 novembre 1903. — ROSS. BP. 2212, 1903. — RICHARDSON et ALLEN. BP. 3226, 1903. — TERTT. USAP. 750733. 30 mars 1903. — TYERMANN. BP. 3204, 1903. — WILLENBUCHER. BP. 25814, 1903.

Dispositif pour la remise en place d'un trôlet : DAVY. USAP. 750825, 19 mars 1903.

Sabot de contact : BRADY et JONES. USAP. 749716, 26 janvier 1903. — JONES. USAP. 751974, 13 avril 1903.

Combinateur de traction : BLOOD. USAP. 751830, 14 octobre 1903. — CASE. USAP. 750947, 16 septembre 1901. — DE FOREST. USAP. 750180, 17 juin 1903. — KOHLER. BP. 25023, 1902. — SOCIÉTÉ POSTEL-VINAY. DRP. 149502, 4 mai 1902. — VARLEY. USAP. 750040 et 750041, 19 octobre 1903. — WELLMANN. USAP. 750139, 19 novembre 1903.

Frein : STECKEL. BP. 23537, 1903.

Frein électrique : ANTHON. USAP. 750421, 750422, 30 novembre 1901, 11 avril 1902.

Frein électromagnétique : LOCKWOOD. USAP. 750207, 23 juin 1902.

Frein magnétique : KRAMER. DRP. 149758, 24 mai 1903.

Joints pour rails : CLEVELAND. USAP. 750522, 30 octobre 1902. — COMPANY WEBER RAILWAY JOINT MANUFACTURING. BP. 23121, 1903. — WHERRY. USAP. 750510, 22 janvier 1903.

Nettoyage des ornières des rails : MATHER. BP. 3700, 1903.

Automobile : EDISON. USAP. 750102, 9 janvier 1903.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Nouveau système de connexion des appareils sur les lignes télégraphiques et téléphoniques, par A. BANTI. (*L'Elettricista*, série II, t. III, p. 1, 1er janvier 1904).

Par croisement des fils sur le parcours d'une ligne télégraphique ou téléphonique à double conducteur, soumise à un champ électrique ou magnétique, on peut parvenir à annuler l'action de ce champ, la somme des forces électromotrices étant nulle. Mais il suffit, dans l'une des sections qui divisent la ligne, d'introduire une résistance pour détruire l'équilibre. La ligne n'est plus alors neutralisée. Il semble donc que l'on doive éviter de disposer les appareils en série sur un des conducteurs.

Or, la disposition en dérivation n'est efficace que si le nombre des bureaux est très limité, trois ou quatre, par exemple. Dès qu'il s'agit d'une ligne télégraphique ou téléphonique comprenant huit à dix stations, les signaux des stations extrêmes ne parviennent plus qu'avec difficulté, par suite des pertes dues aux stations intermédiaires.

Pour revenir à la disposition en série, le professeur Banti propose de décomposer l'appareil que l'on veut insérer en deux parties électriquement et magnétiquement égales. On place alors une des parties de l'appareil en série sur l'un des conducteurs et la seconde sur l'autre conducteur. La ligne reste ainsi neutralisée.

1° *Circuit téléphonique soumis à l'action inductive des lignes télégraphiques.* — Des appareils permettent à un bureau d'appeler un autre bureau quelconque du circuit, et celui-ci seulement ; pour simplifier, l'auteur suppose que l'appel est fait au moyen de sonneries polarisées. Il suffit de disposer sur la ligne neutralisée une des bobines de la sonnerie en série sur un des conducteurs et l'autre bobine sur le second. Les sonneries des divers bureaux agissent ainsi avec la même intensité. Ces sonneries peuvent être de résistance et d'impédance faibles pour ne pas diminuer la netteté de la conversation. S'il s'agit d'appareils plus compliqués, avec relais d'appel et de réponse, il suffit de placer les deux relais respectivement sur les deux conducteurs. Ce système, expérimenté sur divers circuits de lignes téléphoniques à grande distance de la Société des Téléphones de l'Italie Centrale, a donné d'excellents résultats.

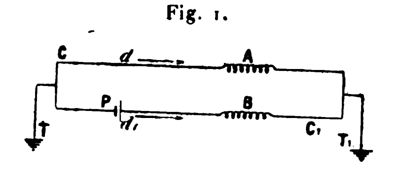
2° *Circuit télégraphique omnibus soumis à l'induction d'une ligne de transmission électrique.* — Il ne suffit pas de supprimer la terre comme conducteur de retour pour diminuer les effets inductifs. Même en doublant le circuit, l'insertion de tous les appareils, tels que les Morse, par exemple, détermine, par suite des différences d'isolement des deux conducteurs, la circulation de courants parasites assez intenses pour amener des perturbations.

Il est donc encore nécessaire d'avoir recours au dédoublement des appareils. Si la ligne est un peu étendue (des courants d'intensité relativement forte pouvant alors se manifester) et si l'isolement est défectueux, il faut recourir à la disposition suivante :

Soit CC_1 un circuit télégraphique sur lequel on a (*fig.* 1) placé l'électro AB. Le courant de la pile P doit provoquer respectivement dans les deux bobines un pôle nord et un pôle sud. Soient T et T_1 deux défauts d'isolement par lesquels les courants induits passent au sol. Par suite de ces courants induits de même direction d et d_1, des pôles de

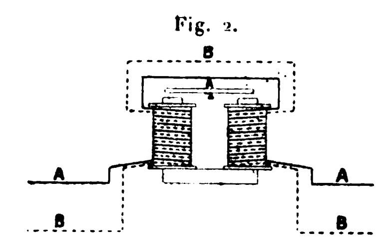
même nom se manifestent et peuvent être assez énergiques pour mettre en marche l'appareil. Pour éviter cet inconvénient, il faut que le passage du

Fig. 1.



courant induit ne détermine pas de polarité dans les deux bobines. On y parvient en disposant sur chaque bobine un double enroulement, comme l'indique la figure 2. L'électro de l'appareil Morse ne peut plus

Fig. 2.

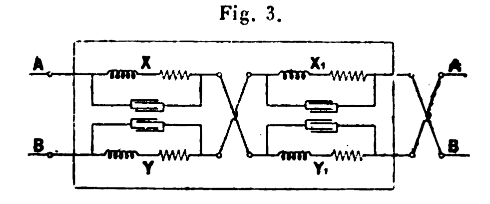


être influencé par le courant induit, et, par suite, il ne répond qu'aux émissions du courant télégraphique.

Cette disposition, mise à l'essai comme la précédente, a donné de très bons résultats.

La figure 3 représente le cas général et montre

Fig. 3.



comment un appareil complexe doit être décomposé et inséré sur les deux conducteurs. G. G.

Système télégraphique diplex différentiel. (*Electrician*, t. LII, p. 403, 1er janvier 1904). — Courte description, accompagnée d'un diagramme, d'un système imaginé il y a environ 20 ans par M. W.-J. Mc Gaurin et récemment essayé, avec succès, par M. H.-W. Jenvey, de l'Administration des télégraphes australiens.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes et appareils télégraphiques : CARNEY. USAP. 750807, 24 février 1903. — GRAY NATIONAL TELAUTOGRAPH Co. DRP. 149407 et 149548, 20 février 1901. — JOHNSON. USAP. 751294, 6 juin 1902. — LEECH. USAP. 750289, 6 janvier 1903. — RAY. BP. 2541, 1903. — STOCK et Co. DRP. 149579, 7 décembre 1902. — STRITTER. DRP. 149549, 7 juin 1903. — WHITE. USAP. 751363, 19 juin 1903.

Perforateur télégraphique : GELL. USAP. 751163, 17 mars 1903.

Relais : DOWNS. USAP. 749814, 7 mai 1902. — JOHNSON et BIRCHAM. BP. 3783, 1903. — LA COUR. USAP. 749775, 7 février 1903.

Télégraphie sans fil : ALLGEMEINE ELEKTRICITÆTS GESELLSCHAFT. DRP. 149458, 1er janvier 1903. — MUSSO. USAP. 751803, 23 septembre 1902. — STONE. BP. 8507, 8508, 8509, 1903.

Cohéreurs : DORMAN. BP. 22680, 1903.

Amortisseur des ondes électriques : KALISCHER. DRP. 149503, 21 décembre 1902.

Systèmes et appareils téléphoniques : BILLIG. USAP. 751829, 2 décembre 1902. — BRANDER. BP. 3080, 1903. — DE GRAVE. BP. 27497, 1902. — DUNFEE. USAP. 750953, 6 juin 1902. — FAHNESTOCK. USAP. 750835, 2 décembre 1901. — FALLER. BF. 335542, 24 septembre 1903. — GOLDBERG. USAP. 750845, 26 novembre 1902. — GUNDLACH. USAP. 751501, 10 novembre 1902. — JACKSON. USAP. 750769 et 750770, 31 mai 1902 et 22 avril 1903. — KITSEE. USAP. 751655, 9 janvier 1901. — LENDI. USAP. 751797, 19 décembre 1900. — MALCOME. USAP. 750704, 3 janvier 1902. — Mc BERTY. USAP. 751539, 9 mai 1902. — MILLER. USAP. 749798, 19 décembre 1900. — MIX et GENEST. DRP. 149321, 26 juin 1901 ; 149596, 21 avril 1901 ; 149607, 19 juillet 1902. — MUIRHEAD. DRP. 149237, 15 avril 1900. — NORSTROM. USAP. 749824, 23 novembre 1900. — PEACHY. USAP. 751103, 6 janvier 1903. — PEARNE. USAP. 750689, 20 avril 1903. — RANDALL. BP. 26248, 1903; BF. 337271, 3 décembre 1903. — SANDS et CADDEN. USAP. 751344. 6 mars 1903. — SCHMIDT. USAP. 750309, 28 août 1901. — SCRIBNER. USAP. 751566. 9 mars 1902. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 149680, 28 juin 1903. — SWENSON. USAP. 751818, 17 décembre 1902. — YAXLEY. USAP. 749977, 12 juin 1901.

APPLICATIONS THERMIQUES.

Fours à résistance pour la fabrication du carbure de calcium, par A.-H. COWLES. Brevets américains, 750093, 20 nov. 1902; 750094, 20 oct. 1903; 750170, 5 nov. 1902, délivrés le 19 janvier 1904. (*Electrical World and Engineer*, t. XLIII, p. 225, 30 janvier 1904).

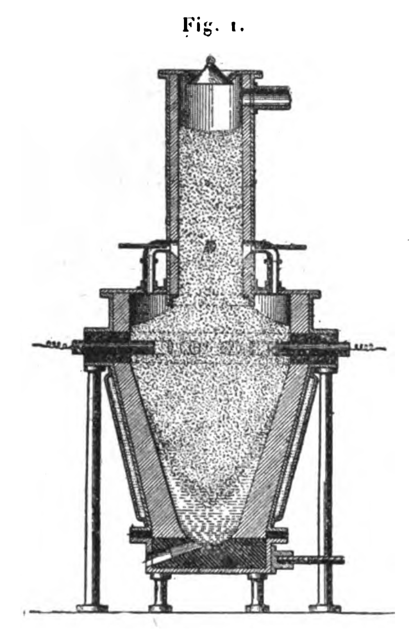
Les points caractéristiques de ces fours sont : utilisation de la chaleur de combustion de l'oxyde de carbone provenant de la réaction pour le chauffage préalable du mélange de chaux et du charbon, emploi d'une densité de courant croissante du haut au bas du four afin de maintenir parfaitement fluide le carbure de calcium formé.

La figure 1 représente un modèle de ces fours. Il comprend deux parties : la partie supérieure formée par un cylindre de matière réfractaire et par une enveloppe de tôle; la partie inférieure, tronconique, constituée par une couche épaisse de matière réfractaire non conductrice maintenue par une double enveloppe métallique refroidie par un courant d'eau. Au fond du four est une épaisse électrode de charbon que traverse le trou de coulée; un peu au-dessous du raccordement des parties cylindriques et tronconiques sont disposées plusieurs électrodes radiales. Des tubes permettent à l'oxyde de carbone formé dans la partie tronconique de pénétrer dans

la partie cylindrique en aspirant l'air nécessaire à sa combustion.

Le mélange de chaux et de coke, introduit dans le four par l'ouverture supérieure à cône obturateur,

Fig. 1.



est fortement chauffé dans la partie cylindrique par la combustion de l'oxyde de carbone; il passe ensuite dans la partie tronconique où, par suite de la chaleur dégagée par le passage du courant, il atteint la haute température nécessaire à la formation du carbure de calcium. J. R.

BREVETS RÉCENTS.

Four électrique : BINKO. BP. 10772, 1903. — CHAVARRIA. USAP. 750753, 24 août 1900. — COWLES. USAP. 750093, 20 nov 1902.

Soudure : BOWEN. USAP. 750239, 17 août 1903. — EVERSHED et VIGNOLES. BP. 3636, 1903.

Chauffage électrique : COWLES. USAP. 750170, 5 nov. 1902.

Régulateur de chauffage : KILROY. USAP. 751654, 6 oct. 1902.

Couverture chauffante : SMART. USAP. 751353, 8 sept. 1903.

Allumage pour moteur : HERZ. BP. 2152, 1903.

Allumoir électrique : CARRIER. BF. 337384, 24 nov. 1903. — GENERAL ELECTRIC Co. BP. 5480, 1903.

ÉCLAIRAGE.

Sur la conductibilité de la vapeur de mercure, par COOPER HEWITT. (*Electrical Review*, N.-Y., t. XLIII, p. 902-905; 19 décembre 1903.)

Dans les recherches faites sur les vapeurs métalliques, M. C. Hewitt s'est proposé d'étudier les propriétés de la colonne elle-même de vapeur de mercure faisant partie d'un circuit électrique, et d'éliminer l'influence des électrodes. L'appareil dont s'est servi l'auteur consiste en deux chambres cylindriques parallèles et verticales, en matériaux isolants, communiquant par le haut et le bas. Dans l'une des chambres est placée une bobine de chauffage traversée par un courant électrique réglable; à sa partie supérieure on dispose un petit ventilateur destiné à établir une circulation d'air et à maintenir une température constante. Dans l'autre chambre se trouve une lampe à vapeur de mercure; des thermomètres sont disposés à chaque extrémité de cette chambre, et indiquent la température à l'extérieur de la lampe. Deux couples au platine-rhodium sont scellés dans les parois de cette dernière et arrivent dans l'axe de la lampe. Les parties extérieures des couples sont placées dans la glace et reliées à un galvanomètre Desprez-d'Arsonval, dont les lectures donnent les températures de la colonne de vapeur. On pouvait ainsi s'assurer de l'égalité rigoureuse des températures extérieure et intérieure de la lampe. La chute de tension entre les deux couples était déterminée par un voltmètre électrostatique de Thomson. Aussitôt que l'équilibre de température était établi, on faisait démarrer la lampe, et la lecture du voltmètre s'effectuait aussitôt; de sorte que le courant n'avait pas le temps de modifier la densité de vapeur du mercure. Le vide le plus parfait était fait à l'intérieur des tubes, dont le diamètre intérieur représente celui de la colonne de vapeur. La relation entre la pression de la vapeur saturée et la température était déduite des observations de Ramsay et Young. La densité de la vapeur est supposée proportionnelle à la tension maxima.

Les diagrammes recueillis par l'auteur dans une longue série de mesures montrent l'influence de la densité de la vapeur, du diamètre du tube et de l'intensité du courant sur la chute de tension par unité de longueur. On peut en déduire la résistance en fonction de ces mêmes données. L'auteur a trouvé que la chute de tension est proportionnelle à la densité de la vapeur et diminue quand le diamètre du tube augmente. La résistance décroît avec des courants croissants. La colonne conductrice prend une section définie pour une densité de vapeur et un courant donnés quand cette section n'est pas limitée par l'enceinte. Cette section augmente avec le courant et diminue quand la densité de vapeur croît.

Quant au rendement lumineux, il varie avec la densité de vapeur. Pour des densités très faibles, la chute de tension est plus faible, mais la colonne n'est pas lumineuse; aux densités dépassant une certaine limite, le rendement lumineux décroît. L'effet d'un champ magnétique transversal a pour

résultat d'augmenter considérablement la résistance aux densités de vapeur faibles; cet effet est, au contraire, peu marqué aux densités plus élevées. La conclusion de toutes ces mesures est que, pour une enceinte renfermant de la vapeur de mercure, le rendement lumineux est maximum pour une certaine densité de vapeur et une certaine intensité du courant.

P.-L. C.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage électrique : MILNE. BP. 25053, 1903.
Éclairage par courant alternatif : WIESSMANN, WYDTS et BLONDEL. DRP. 149437, 19 août 1899.
Lampes à arc : ADAMS. BF. 337392, 25 nov. 1903. — BURKE. BP. 21306, 1903. — COLIS. BF. 337268, 3 déc. 1903. — GIRDLESTONE et THORKELIN. BP. 22532, 1903. — GROSS. BP. 27861, 1902. — LEWIS. BP. 2609, 1903. — MC LANGHLIN. BP. 23647, 1903. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 149685, 11 sept. 1902. — SINDINGCHRISTENSEN. USAP. 752005, 29 août 1902. — STEVENS et FISH. USAP. 751025, 14 juin 1902. — TREPSAT. BF. 337160, 28 nov. 1903. — UNION ELEKTRICITÆTS. DRP. 149718, 10 sept. 1902.
Charbons et électrodes : BECK. DRP. 149289, 23 janv. 1903. — BLONDEL. BP. 23262, 1902. — MOORE. USAP. 749999, 26 février 1903.
Rhéostat pour lampes : GRAYBILL et ODEN. USAP. 751634, 8 juin 1903.
Commutateur rotatif pour jeux de lumière électrique : Cie D'ELECTRICITÉ ÉCONOMIQUE, MARTIN, CALAVASSY et Cie. BF. 337421 4 décembre 1903.
Relais à temps variables : STUART et REYNDERS. USAP. 751571, 11 avril 1903.
Lampes à incandescence : GRAND et AUBESPRY. BF. 337149, 7 février 1903. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 149683, 11 sept. 1902. — SPRINGALL. USAP. 750720, 25 juin 1903.
Douilles : KENNEY. USAP. 750198, 16 juin 1902. — PERU. USAP. 749952, 28 janvier 1902.
Supports de lampes à incandescence : MILLER. USAP. 751321, 21 mai 1903. — TOURNIER. USAP. 751029, 30 avril 1900. — VERY. BF. 337109, 10 novembre 1903.
Lampes diverses : COOPER-HEWITT. BP, 3444, 1903. — FRENOT. BF. 337383, 24 novembre 1903. — MOORE. USAP. 749998, 22 janvier 1903. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 149684, 11 septembre 1902.
Signaux lumineux : GŒHTS. BP. 23226, 1903. — READ. USAP. 751013, 3 août 1901.
Eclairage des trains : ACCUMULATOREN-WERKE, SYSTEM POLLAK A.-G. DRP. 149101, 7 avril 1903. — ELECTRIC AND ORDNANCE Co. BP. 27849, 1902. — HALL. BP. 27850, 1902. — MOSKOWITZ. USAP. 751745, 8 avril 1903.

ÉLECTROCHIMIE.

Sur la formation électrolytique de l'acide periodique et de ses sels, par ERICH MULLER. (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. X, p. 49, 22 janvier 1904.)

De l'étude de cet auteur il résulte que le rendement en periodate est plus élevé lorsqu'on emploie des solutions alcalines d'iodate que lorsqu'on fait usage de solutions neutres et acides, dans le cas d'anodes en platine poli. Ce fait peut être expliqué par la surélévation de tension au platine, plus élevée en solution alcaline qu'en solution acide.

A température élevée le rendement en periodate diminue, ce qui s'explique par la diminution de la tension quand la température croît.

Le rendement en periodate croît d'autre part avec le temps d'électrolyse des solutions alcalines pour certaines densités de courant. L'augmentation de la tension avec le temps en est encore la cause.

Les anodes en peroxyde de plomb favorisent beaucoup l'oxydation électrolytique de l'acide iodique. Cette propriété ne tient pas à la surélévation de tension particulièrement élevée du peroxyde de plomb, mais à une accélération catalytique. Il est vraisemblable que cette dernière est due à ce que le peroxyde de plomb oxyde d'une façon purement chimique l'acide iodique en acide periodique.

Certains essais montrent que des ions apparemment indifférents comme SO^4 et ClO^3 favorisent la formation de periodate dans les solutions neutres et pures d'iodate. On ne peut encore émettre au sujet de ces actions que des conjectures. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Electrométallurgie : HERMET. USAP. 750361, 30 septembre 1901.
Electrodes : FELDLKAMP. USAP. 749855, 19 mai 1903. — MEYGRET. BP. 1676, 1903.
Traitement des oxydes métalliques pour la fabrication d'électrodes dures. WEDEKIND. BF. 337276, 3 décembre 1903.
Dispositif pour appareils électrolytiques : WRIGHT. BF. 337281, 4 décembre 1903.
Extraction de métaux précieux par l'électrolyse : CASSEL. USAP. 749843, 749844, 25 octobre 1902.
Production de carbure : COWLES. USAP. 750094. 20 octobre 1903.
Fabrication des peroxydes de magnésium et de zinc par la voie électrolytique : HINZ. BF. 337285, 4 décembre 1903.
Appareil pour purifier les liquides : KARTZMARK. USAP. 751986, 26 décembre 1900.
Purification électrolytique des jus : KNOLREPP et WOHL. USAP. 751170, 10 juin 1902.

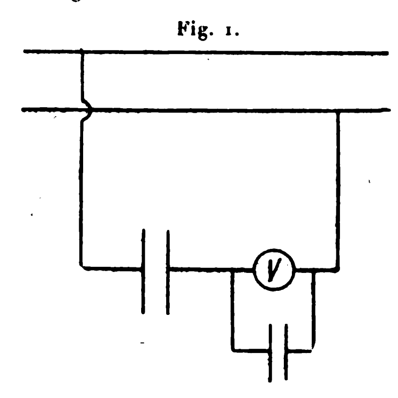
MESURES.

Emploi des capacités comme multiplicateurs pour les voltmètres électrostatiques dans les réseaux à courant alternatif, par le professeur **E.-F. MARCHANT** et **G.-W. WORALL**. Communication faite au Congrès de Southport de la British Association for the advancement of Sciences. (*Electrician*, t. LI, p. 1000-1001, 9 octobre 1903).

La mesure des hautes tensions nécessite l'emploi de voltmètres plus ou moins encombrants et coûteux, puisque dans les appareils électrostatiques les

étincelles sont toujours à craindre. Il y a cependant plusieurs façons de mesurer les hautes tensions au moyen de voltmètres à basse tension; deux méthodes seulement ont été employées jusqu'ici : ou bien l'on met en série avec le voltmètre, shunté ou non, une résistance non inductive, ou bien l'on se sert de transformateurs. La première méthode devient inapplicable aux très hautes tensions à cause de la grande dissipation d'énergie qu'elle occasionne, et la seconde nécessite des appareils encombrants à cause des difficultés d'isolement et de la grande longueur d'enroulements qu'exigent les hautes tensions. Dans les expériences décrites ci-dessous, on a cherché à réaliser un dispositif simple permettant d'adapter les voltmètres électrostatiques construits pour les basses tensions à des réseaux où la tension est très supérieure. Les voltmètres électrostatiques dont on s'est servi appartenaient à deux types : le multicellulaire de Kelvin et le voltmètre Ayrton et Mather. La méthode consiste à mettre une capacité en série avec le voltmètre et une autre en dérivation sur les bornes de l'instrument; cette dernière est forte relativement à celle du voltmètre. La figure 1 montre le diagramme des connexions.

Fig. 1.



Considérons deux capacités en série l'une avec l'autre, mises en dérivation sur les pôles de la canalisation. Soient :

C_1 et C_2 les valeurs des capacités en farads;
R_1 et R_2 leurs résistances d'isolement respectives;
V_1 et V_2 les différences de potentiel aux bornes des deux capacités;
E la différence de potentiel totale du réseau;
I_R le courant ohmique entre les pôles du réseau;
I_C le courant de capacité entre ces pôles;
I le courant total entre les pôles;
p égal à $2\pi \times$ fréquence.

On a :

pour le courant total dans la capacité 1

$$V_1\sqrt{\left(\frac{1}{R_1}\right)^2+(C_1p)^2};$$

pour le courant total dans la capacité 2

$$V_2\sqrt{\left(\frac{1}{R_2}\right)^2+(C_2p)^2}.$$

Puisque c'est le même courant, on a

$$V_1\sqrt{\left(\frac{1}{R_1}\right)^2+(C_1p)^2}=V_2\sqrt{\left(\frac{1}{R_2}\right)^2+(C_2p)^2}=I.$$

D'autre part

$$E=\frac{I_C}{\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}p}=I_R(R_1+R_2);$$

d'où

$$I_C=E\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}p \qquad \text{et} \qquad I_R=\frac{E}{R_1+R_2}.$$

Or

$$I=\sqrt{I_C^2+I_R^2}=E\sqrt{\left(\frac{C_1C_2p}{C_1+C_2}\right)^2+\left(\frac{1}{R_1+R_2}\right)^2}$$
$$=V_2\sqrt{\left(\frac{1}{R_2}\right)^2+(C_2p)^2},$$

d'où

$$\frac{V_2}{E}=\frac{\sqrt{\left(\frac{C_1C_2p}{C_1+C_2}\right)^2+\left(\frac{1}{R_1+R_2}\right)^2}}{\sqrt{(C_2p)^2+\left(\frac{1}{R_2}\right)^2}}.$$

Posons

$$R_1=\frac{x_1}{C_1p}, \qquad R_2=\frac{x_2}{C_2p},$$

alors

$$\frac{V_2}{E}=\frac{\sqrt{\left(\frac{C_1C_2p}{C_1+C_2}\right)^2+\left(\frac{1}{\frac{x_1}{C_1p}+\frac{x_2}{C_2p}}\right)^2}}{\sqrt{(C_2p)^2+\left(\frac{C_2p}{x_2}\right)^2}}$$
$$=\frac{\sqrt{\left(\frac{C_1C_2p}{C_1+C_2}\right)^2+\left(\frac{C_1C_2p}{x_1C_2+x_2C_1}\right)^2}}{\sqrt{(C^2p)^2+\left(\frac{C_2p}{x_2}\right)^2}}$$
$$=\frac{C_1}{C_1+C_2}\,\frac{\sqrt{1+\left(\frac{C_1+C_2}{x_1C_2+x_2C_1}\right)^2}}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{x_2}\right)^2}}.$$

Développant et négligeant les termes de rang supérieur

$$(1) \qquad \frac{V_2}{E}=\frac{C_1}{C_1+C_2}\left[1+\frac{1}{2}\left(\frac{C_1+C_2}{x_1C_2+x_2C_1}\right)^2 -\frac{1}{2}\left(\frac{1}{x_2}\right)^2+\ldots\right].$$

Si x_1 et x_2 sont très grands, c'est-à-dire si les résistances d'isolement des condensateurs sont élevées, on a

$$\frac{V_2}{E} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}.$$

L'équation (1) montre aussi que si $x_1 = x_2$, c'est-à-dire si

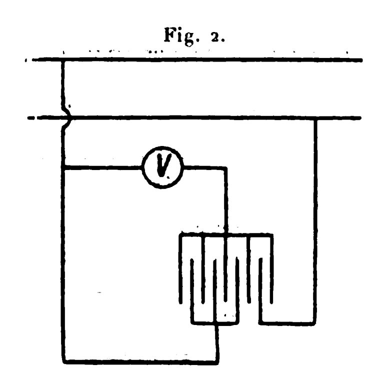
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_2}{C_1},$$

on a

$$\frac{V_2}{E} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}.$$

C'est ce qui aura lieu très probablement si les armatures des deux condensateurs sont de mêmes dimensions et les lames diélectriques de même matière et de mêmes dimensions, la différence entre les deux capacités étant due à des nombres inégaux de lames diélectriques, puisque alors les deux courants de fuite, l'un à travers l'isolant, l'autre à sa surface, seront proportionnels au nombre des armatures formant les condensateurs. Si donc on relie aux bornes de la capacité 2 un voltmètre électrostatique, ses indications sont dans un rapport constant avec la différence de potentiel du réseau, et l'on peut, en faisant varier C_1 et C_2, donner à ce rapport la valeur qu'on veut. On réalise une disposition compacte et économique en réunissant les deux capacités en un seul condensateur dans lequel

Fig. 2.



l'une des deux séries de plaques est elle-même partagée en deux groupes; le montage se voit sur la figure 2.

Deux appareils ont été construits sur ce principe : l'un mesure les tensions jusqu'à 300 volts avec un instrument construit pour 150 volts, le rapport de réduction étant de 2 à 1; l'autre mesure jusqu'à 10000 volts, avec un rapport de réduction de 40 à 1. L'exactitude de ces appareils a été vérifiée par l'expérience; pour produire les hautes tensions nécessaires, on s'est servi d'un transformateur de rapport connu, et l'on a calculé pour plusieurs valeurs de E (tension totale) et de V_2 (tension aux bornes de la capacité C_2), le rapport $\frac{E}{V_2}$, théoriquement égal à 2 pour l'appareil à basse tension et à 40 pour l'appareil à haute tension. On a constaté que la valeur vraie de ce rapport ne s'écartait jamais de plus de 1 pour 100 de sa valeur théorique.

Ce nouveau dispositif simplifie donc la construction des voltmètres à haute tension; il peut servir aussi dans les laboratoires, où l'on doit souvent mesurer des différences de potentiel avec des voltmètres qui ne donnent des indications précises que dans une région trop basse de leur échelle. L'invention a été brevetée. P. L.

DIVERS.

Sur la variation de la conductibilité spécifique des solutions salines par les lessives alcalines, par RICHARD EHRENFELD. (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. X, p. 3, 1er janvier 1904). — L'auteur a fait un assez grand nombre d'essais sur différents sels organiques et minéraux de potassium et de sodium. Ces essais montrent que, en additionnant ces solutions goutte à goutte d'une lessive alcaline, potasse ou soude, la conductibilité spécifique commence par diminuer jusqu'à un minimum pour croître à nouveau ensuite.

Sur le nombre des électrons qui servent de véhicules aux courants de conduction dans les métaux, par A. SCHUSTER. (*Phil. Mag.*, 6e série, t. VII, p. 51-157, février 1904). — D'après les propriétés optiques des métaux, le nombre des électrons libres dans un métal est égal au nombre des atomes dans le même volume ou deux ou trois fois ce nombre au plus. M. L.

Sur l'effet Doppler dans l'étincelle électrique, par A. HAGENBACH. (*Ann. de Phys.*, t. XIII, p. 362-375, janvier 1904). — Un faible déplacement des raies spectrales s'observe quand on éclaire successivement une fente par une étincelle dirigée vers la fente ou en sens inverse. D'après la formule de Doppler, ce déplacement correspondrait à une vitesse des particules lumineuses égale à 280 $\frac{\text{m.}}{\text{sec.}}$.

Lueur négative secondaire et primaire, par J. STARK. (*Ann. de Phys.*, t. XIII, p. 375-394, janvier 1904). — La lueur secondaire est celle qui apparaît sur des électrodes transversales introduites dans la lueur primaire. D'après les observations faites sur cette lueur secondaire, il est probable que l'ionisation du gaz se produit par les collisions des ions positifs et des molécules à l'entrée de la première couche de lumière cathodique et que la longueur de la région obscure représente le libre parcours moyen des ions positifs.

Sur la magnétostriction, par F. KOLACEK. (*Ann. d. Phys.*, t. XIII, p. 1-38, janvier 1904). — Théorie mathématique des phénomènes de magnétostriction, dans laquelle l'auteur s'affranchit de toute hypothèse sur la constitution des milieux magnétiques.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Die Elektrometallurgie der Alkalimetalle, par H. BECKER. 1 vol. in-8° (25cm × 17cm), 135 pages, 83 figures. Wilhelm Knapp, à Halle a. S., éditeur. Prix, broché : 6 marks (7fr, 50).

Depuis deux ans, la librairie Knapp publie, sous la direction de M. V. Engelhardt, ingénieur-chimiste en chef des usines Siemens et Halske, de Vienne, une série d'intéressantes *Monographies sur l'Électrochimie appliquée*.

La neuvième de ces monographies, tout récemment mise en vente, et due à notre confrère M. H. Becker, directeur de l'*Industrie électrochimique*, s'occupe de la fabrication des métaux alcalins : potassium, sodium et lithium.

Après un résumé, en quelques pages, des méthodes chimiques autrefois employées pour l'obtention de ces métaux, l'auteur aborde l'exposé des nombreuses méthodes électrolytiques proposées pour cette fabrication, et dont quelques-unes sont aujourd'hui appliquées. Les procédés utilisant l'électrolyse du sel marin, de la soude, des mélanges de ces deux corps, de l'azotate de sodium, etc. pour la préparation du sodium sont successivement décrits et cette description méthodique forme une bonne partie du Volume (p. 18 à 99). Ces procédés s'appliquent pour la plupart à la préparation du potassium; cette dernière préparation est traitée en quelques lignes. Quelques pages sont consacrées à l'obtention électrolytique du lithium.

Vient ensuite la description des procédés où l'énergie électrique est utilisée sous forme de chaleur pour la préparation de ces métaux ou de leurs carbures.

Un Chapitre sur les appareils utilisés dans les essais de laboratoire et quelques Tables de données thermochimiques terminent l'Ouvrage.

Par les nombreux renseignements qu'elle renferme, cette monographie ne peut manquer d'intéresser les ingénieurs électrométallurgistes. J. R.

Traité pratique de Télécommunication électrique (Télégraphie-Téléphonie), par Édouard ESTAUNIÉ, ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur en chef des Télégraphes. 1 vol. in-8 de 670 pages, avec 528 fig. Vve Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, 6e. — Prix : broché, 20fr.

Le traité que M. Estaunié présente au public marque une forme nouvelle d'exposition de cette importante branche de la technique électrique : la télégraphie. Avec beaucoup de raison l'auteur a pensé qu'il était temps d'abandonner l'exposé purement descriptif qui fait, d'intéressants traités sur la matière, de véritables dictionnaires d'appareils et de dispositifs télégraphiques, dans lesquels l'ordre des descriptions n'est autre que l'ordre historique.

Rompant avec cette routine l'auteur s'est efforcé de mettre en lumière les rapprochements si nombreux qui peuvent se faire dans l'exposé de la technique télégraphique. Disons de suite qu'il y a très habilement réussi. Cette manière de concevoir un Traité de télégraphie a naturellement amené l'auteur à ne point séparer en deux parties bien distinctes télégraphe et téléphone : de là le titre de l'Ouvrage : Traité de télécommunication.

Après quelques pages succinctes de généralités sur les courants, une première Partie présente l'étude des organes constitutifs d'une télécommunication électrique : producteurs d'énergie électrique, transmetteurs, récepteurs. Le mode de production des signaux n'est distingué que suivant les cas où le producteur d'énergie électrique est un courant continu, un courant alternatif ou une émission d'ondes hertziennes. Dans le premier cas les transmetteurs sont étudiés suivant que l'émission de courant a lieu dans un seul sens ou dans les deux sens. Dans le cas de transmetteurs à courants alternatifs, les éléments se trouvent au nombre de quatre : fréquence f, amplitude a, durée e et intervalle t d'émission; l'auteur montre de suite comment se classent le transmetteur de l'appareil Mercadier (a et f constants, e et t susceptibles de variations notables), celui de l'appareil Rowland (a et f constants, e et t gardant des valeurs déterminées), en dernier lieu la transmission téléphonique (a, f, e et t variant d'une façon définie). Ayant ainsi classé, d'une manière qui permet de très intéressants rapprochements, les divers transmetteurs de télécommunication, l'auteur étudie les récepteurs. Vient ensuite l'étude détaillée des appareils usuels. Un dernier Chapitre est consacré au rendement des appareils.

Dans une seconde Partie M. Estaunié étudie l'organisation des bureaux de télécommunication. Organes de protection, de permutation, d'essai, montage des bureaux téléphoniques (cas des réseaux de plus de 100000 abonnés) et des bureaux télégraphiques.

Il est regrettable que l'auteur qui a su très bien faire rentrer dans son cadre général la télégraphie hertzienne ne lui ait consacré qu'à peine quelques lignes. La place que doit occuper dans un Traité logique de télécommunication la nouvelle télégraphie est seule indiquée et d'une façon bien succincte.

C'est la seule critique que nous ferons à cet Ouvrage dont la lecture est des plus intéressantes par les rapprochements nouveaux et des mieux choisis que l'auteur a su faire des diverses questions de technique télégraphique. A. Turpain.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.



VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Troisième Congrès électrotechnique russe.

Les séances du Congrès ont eu lieu à Pétersbourg du 27 décembre 1903 au 5 janvier 1904; plus de cinq cents membres y ont pris part.

M. l'Ingénieur général N. Petroff ouvrit la première séance par un aperçu sur les *Progrès de l'Électrotechnique* dans ces trente dernières années.

M. W. Kovalevsky, Conseiller privé, parla ensuite sur la *Houille blanche*, ou, plus exactement, sur l'utilisation des chutes d'eau. Alors que les États-Unis, la Suisse, la Norvège, l'Italie et la France utilisent cette force naturelle, la Russie n'a jusqu'ici qu'un nombre restreint d'installations hydro-électriques.

Quoique l'on n'ait pas de données exactes sur la puissance des chutes d'eau de la Russie d'Europe et, à plus forte raison, de la Sibérie, on peut pourtant évaluer approximativement les forces utilisables à 11000000 de chevaux-vapeur, dont 3000000 pour la Finlande.

Vingt-quatre cours d'eau de la Russie d'Europe peuvent fournir des forces assez considérables; malheureusement, leur situation n'est pas très propice. Parmi ceux dont l'utilisation serait la plus profitable, on peut citer le Dniéper (240000 chevaux), le Naroff (38000), le Wolkaff (33000), la Dwina (120000) et le Dniester (96000).

Si l'on compte par bassin, celui de la mer Baltique peut fournir 300000 chevaux, celui de la mer Noire (non compris le Caucase) 350000 chevaux.

La non-utilisation des forces hydrauliques est due à deux causes : 1° l'étude technique et économique de la question est insuffisante; 2° la question juridique n'est pas résolue; on n'est pas d'accord sur le point suivant : les chutes appartiennent-elles à l'État ou aux propriétaires des terrains sur lesquelles elles se trouvent ? (1).

Le Congrès se divisa ensuite en cinq sections, s'occupant respectivement de : 1° Questions générales; 2° Questions scientifiques, méthodes et appareils de mesure; 3° Applications industrielles de l'Électricité; 4° Traction électrique; 5° Technique des courants à basse tension.

Un grand nombre de Communications de la première section se rapportaient aux règles à établir en Russie pour les fils et câbles, pour les essais de machines et transformateurs, les installations d'éclairage et de traction, la pose des parafoudres, etc.

(1) A ce propos, nous ferons remarquer que, comme suite à la Communication de M. Litovtchenko sur *Les droits de l'État sur les eaux*, le Congrès a émis la résolution suivante : « Le droit de l'exploitation des eaux courantes pour les besoins de l'Électrotechnique revient à l'État qui peut, ou les exploiter lui-même ou donner des concessions à des Sociétés ou personnes privées. Les personnes ayant obtenu une concession ont le droit d'expropriation sur les terrains nécessaires à son exploitation ».

A signaler parmi ces Communications celle de M. Skrginsky sur *L'application de l'Électricité dans les usines de constructions mécaniques* (1).

M. Tokarsky parla sur *Les transports de force comme élément de l'économie nationale;* si les chutes d'eau étaient utilisées, il en résulterait un accroissement considérable de la fortune nationale

M. Klasson exposa la *Concurrence de la vapeur et de l'électricité dans l'industrie du naphte à Bakou.* Le naphte employé pour la production de la vapeur est exempt de droits, tandis que celui employé pour la production de l'électricité est imposé; l'électricité est donc dans un état d'infériorité auquel il faudrait remédier. Le Congrès a pris une résolution dans ce sens.

Comme Communication intéressante de la deuxième section, on peut citer celle de M. Deters sur une *Dynamo pour distribution à 3 fils* et celle de M. Markovitch sur *Les transports de force à grande distance.* Ce dernier fait partie de la commission chargée de l'étude des tramways électriques de Pétersbourg; il estime qu'un transport de force d'Imatra à Pétersbourg, station et ligne comprises, coûterait 8 millions de roubles et que l'énergie reviendrait à 0,67 kopek le kilowatt-heure (0f,018) à pleine charge. Malheureusement Imatra est sur territoire finlandais; la législation est différente et l'achat de la chute augmenterait de beaucoup le prix de revient du kilowatt-heure.

Dans la troisième section, on peut citer :

Applications de l'énergie électrique sur les chemins de fer russes, par M. Dmitrenko;

Ozonisation des eaux, par M. Krangals.

M. Abtsine parla des *Monte-charges électriques de son système pour chantiers maritimes,* etc., et M. Pilsoudsky des *Résultats obtenus par lui en 1903 par la culture électrique.*

La traction électrique (4e section), encore fort peu développée en Russie, a donné lieu à plusieurs Communications fort intéressantes, car elles font entrevoir un champ immense ouvert à l'industrie électrotechnique russe.

M. le comte Loubensky étudie l'*Application de l'énergie électrique au transsibérien*. La traction électrique serait particulièrement avantageuse pour la partie moyenne de la Sibérie, où l'alimentation en eau des locomotives est très difficile.

La vitesse et le rendement pourraient être considérablement augmentés; naturellement, l'économie d'une telle transformation a été fortement discutée, de même que l'action climatérique sur les lignes aériennes.

M. Graftio présenta quelques *Résultats économiques de la traction électrique des chemins de fer.*

(1) Le Congrès réuni en séance plénière a décidé la création, au quatrième Congrès, d'une section spéciale traitant de cette question.

Les membres du Congrès résolurent de demander au Ministre des voies et communications et au Ministre des finances d'étudier le plus tôt possible l'utilisation des cours d'eau du Caucase et de la mer Noire, en vue de la traction électrique dans ces régions.

M. AVENARIUS parla de la *Station hydro-électrique installée pour le groupe des villes d'eau du Caucase* et M. KASCHKINE sur l'*Utilisation des forces hydrauliques du Turkestan*.

Les travaux des *Tramways de Moscou* et le projet des *Tramways de Pétersbourg* donnèrent lieu à plusieurs Communications intéressantes de MM. SOUCHKINE, POLIVANOFF et KOGAN.

Le réseau des tramways de Pétersbourg aura une longueur de 188^{km}, la longueur des lignes sera de 315^{km}; on a projeté une station centrale de 1800 kilowatts à courants triphasés à 6000 volts et 8 sous-stations de transformation à courant continu à 600 volts.

Le Congrès visita la nouvelle École polytechnique et le nouvel Institut électrotechnique. Dans ce dernier établissement, MM. POPOFF et LIFSCHITZ démontrèrent leurs *Systèmes de téléphonie sans fil;* d'après M. Lifschitz la question serait pratiquement résolue.

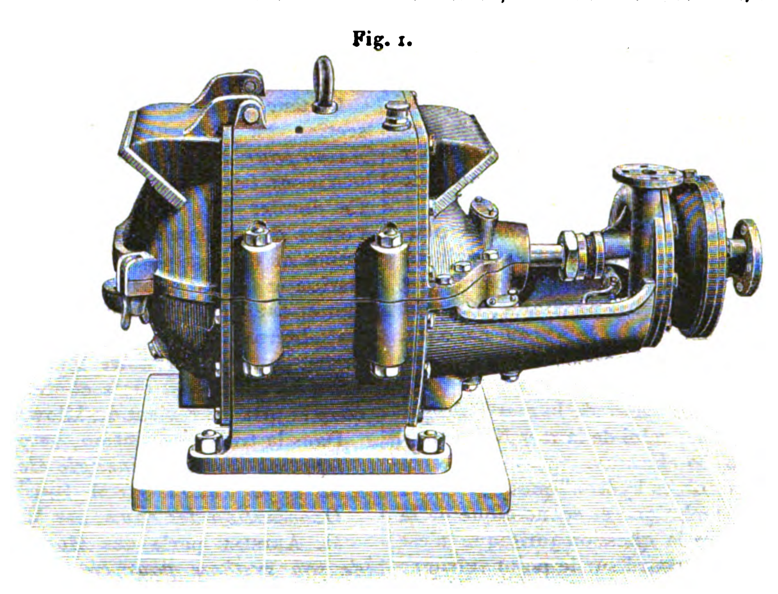
Le prochain Congrès aura lieu à Kieff, au printemps de 1906.

P. DIÉNY.

Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.

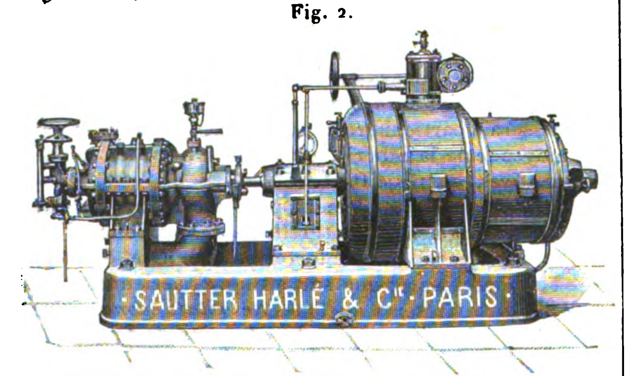
Dans la séance du 11 mars M. JEAN REY, ingénieur civil des Mines, a fait un intéressant résumé des travaux accomplis, en collaboration, par M. RATEAU, ingénieur des Mines, et la maison SAUTTER, HARLÉ et Cie, pour la création d'un nouveau système de *pompes centrifuges à grande élévation*.

Fig. 1.



Pompe centrifuge Rateau à commande électrique.

Fig. 2.



Pompe centrifuge et turbine à vapeur Rateau.

Ces appareils permettent maintenant de résoudre la question de l'exhaure dans les mines, et, d'une manière générale, de toutes les distributions d'eau, avec des pompes centrifuges commandées, soit par moteurs électriques (*fig.* 1), soit par turbines à vapeur (*fig.* 2) ou par turbines hydrauliques.

Des exemples frappants de ces dispositions ont été signalés par M. Rey, notamment des pompes pouvant élever jusqu'à 400^m d'un seul jet, avec des débits variant dans de grandes limites; le système peut d'ailleurs s'appliquer à des hauteurs pour ainsi dire illimitées.

L'emploi des turbo-pompes, combinaison d'une turbine à vapeur et d'une pompe centrifuge, imaginée par M. Rateau, permet de réaliser une économie considérable de frais de premier établissement et d'entretien, sur les groupes de pompes à vapeur employées jusqu'ici.

Les rendements indiqués, aussi bien pour les pompes électriques que pour les pompes à vapeur, sont tout à fait remarquables et montrent que ces appareils peuvent lutter, comme consommation d'énergie, avec les meilleures machines à mouvements alternatifs construites jusqu'à ce jour.

M. Rey a également donné des résultats comparatifs montrant les calculs d'établissements et d'essais obtenus avec les nouvelles pompes, et cette comparaison a fait ressortir la perfection avec laquelle ces nouveaux engins peuvent se calculer en s'aidant des méthodes imaginées par M. Rateau.

Société française de Physique.

A la séance du 18 mars 1904, M. GRASSOT présente son *Fluxmètre*.

L'appareil est basé sur le principe d'une méthode galvanométrique, proposée par M. Féry en 1899 [1]. Si l'on rend extrêmement faible le couple de torsion du fil qui supporte le cadre d'un galvanomètre et si ce cadre se déplace dans un champ uniforme et assez intense pour que la force contre-électromotrice d'induction réduise presque à zéro le courant qui traverse le cadre, celui-ci, sous l'action d'une force électromotrice constante, prend un mouvement uniforme et l'effet qu'on veut observer est multiplié par un temps qui reste arbitraire. On réalise ainsi un volt-heure-mètre; c'est le principe des compteurs O'K. Dans l'appareil de M. Grassot, construit par la Société des Compteurs, la torsion est celle d'un simple fil de cocon et le cadre est supporté par un ressort spiral formé d'un fil d'argent de $0^{mm},02$ de diamètre, laminé. Le cadre est fermé sur une bobine qu'on place dans la région où l'on veut mesurer le flux; la force électromotrice induite étant la dérivée par rapport au temps du flux magnétique qui traverse la bobine, la position du cadre mesure ce flux à chaque instant. La plus grande difficulté que l'on rencontre dans la réalisation de cet appareil, c'est la présence constante du magnétisme du cuivre. Un fil de cuivre, touché par les mains d'un ouvrier sans précautions spéciales, conserve des traces de fer suffisantes pour donner naissance à un couple directeur très gênant.

Pour tarer l'appareil, on applique pendant une durée de 1 ou 2 secondes, qu'il faut connaître très exactement, une force électromotrice de quelques microvolts. Pour ramener le cadre au zéro on le lance en introduisant un aimant dans la bobine et, pendant que le flux continue à varier, on ouvre le circuit; le cadre continue son mouvement.

M. FÉRY présente un *Télescope pyrométrique pour basses températures*.

Pour les sources dont la température est comprise entre 500° et 800°, la sensibilité de la lunette pyrométrique est limitée par le fait que les rayons infrarouges sont réfléchis métalliquement par la première face de la lentille. Pour ce cas, M. Féry remplace la lentille par un miroir argenté sur sa face postérieure et taillé de telle façon que les rayons réfléchis une fois par l'une ou l'autre face viennent converger au même point. On met au point l'image de la source sur le couple thermo-électrique au moyen d'une petite loupe dont le tube traverse le miroir courbe; deux petits miroirs plans, placés sur le trajet des rayons, fournissent deux images dont la superposition partielle permet d'obtenir un réglage parfait. Le coefficient de réflexion du verre, qui est de 80 pour 100 pour une source à 500°, descend à 50 pour 100 pour 800° et à 30 pour 100 à 1000°. A partir de là, la lunette reprend tous ses avantages.

M. VASILESCO KARPEN présente un *Nouveau récepteur pour la télégraphie sans fil*.

A la base de l'antenne sont reliés en parallèle une self-induction et un électromètre dont l'équipage mobile est isolé et a son zéro dans une position dissymétrique. Lorsque le produit CL a une valeur convenable, la déviation de l'électromètre est maxima et il y a un nœud à la base de l'antenne, qui vibre alors en demi-onde et non en quart d'onde. L'appareil mesure la puissance reçue; il n'aurait pas d'application dans le cas de la télégraphie à courte distance, des signaux distincts ne pouvant être séparés de moins de 2 secondes, mais il pourrait servir, dans les essais à très grande distance où l'on prolonge beaucoup la durée d'un signal. Il ne serait pas influencé par les ondes quelquefois intenses mais toujours instantanées d'origine atmosphérique.

C. R.

Ouverture d'un nouveau chemin de fer tubulaire, à Londres.

Dans le courant de février a eu lieu, à Londres, l'ouverture au public d'une nouvelle ligne électrique souterraine, dénommée *Great Northern and City Railway*, qui part de Moorgate street, dans la *Cité*, à côté de la station de ce nom du métropolitain à vapeur et se dirige vers le nord de Londres, sur une distance de $5^{km},500$ jusqu'à Finsbury Park, près de la station du même nom du *Great Northern Ry*. Cette grande Compagnie avait projeté au début de se servir de la ligne électrique pour amener jusque dans la Cité certains de ses trains, qui actuellement s'arrêtent tous à King's Cross, gare assez éloignée au nord de la ville proprement dite (town), d'où le nom donné au nouveau tubulaire; mais le Great Northern a renoncé ensuite à ce projet, et il n'a été fait aucun raccordement entre les deux lignes; la voie électrique se trouve, au terminus de Finsbury Park, à 12^{m} au-dessous de la voie à vapeur. Cette nouvelle ligne souterraine compte sur un trafic plus intense dans le cours de la journée que les tubulaires existants du Central London et surtout du South London, qui sont très chargés le matin et le soir et n'ont presque personne le reste du temps, d'où la tenue peu brillante des actions de ces Compagnies.

Les deux voies sont entièrement séparées et contenues chacune dans un tunnel cylindrique de $4^{m},80$ de diamètre, où les voitures du Great Northern auraient pu circuler (le Central London n'a que $3^{m},50$ et le South London seulement $3^{m},15$ de diamètre). La construction des tunnels présente une particularité nouvelle; la moitié supérieure seule du tube est en fonte, la moitié inférieure est maçonnée en briques, afin d'amortir le bruit intense et peu agréable qui se produit dans les tubes entièrement métalliques; le résultat a répondu aux espérances. On trouve encore une autre particularité sur cette ligne : l'emploi de deux rails conducteurs isolés, placés de part et d'autre des rails de roulement,

[1] *Comptes rendus*, 15 juin 1899; *Éclairage électrique*, t. XX, p. 21, 8 juillet 1899.

de sorte que ceux-ci ne servent pas pour le retour du courant continu (1), distribué à 550 volts sur la ligne par 4 feeders.

Les trains se composent de sept voitures dont trois motrices, celle de bout et une au milieu, équipées avec le système à unités multiples de la British Thomson-Houston (2). Les trains se succèdent toutes les 3 minutes et effectuent le parcours de 5^{km},500 en 13 minutes et demie. Un court prolongement de la ligne est prévu dans la Cité, de Moorgate street jusqu'à la Banque.

Informations diverses.

Nécrologie. — Aristide Bergès, le directeur des papeteries de Lancey, est mort récemment à l'âge de 71 ans. Ingénieur de l'École centrale, Bergès a consacré une bonne partie de sa vie au développement de l'utilisation de la force motrice des hautes chutes formées par les cours d'eau descendant des glacières, à l'utilisation de la *houille blanche*, suivant l'expression pittoresque qu'il a créée et qui est aujourd'hui adoptée. Il a eu le bonheur de voir ses efforts couronnés par le succès et c'est avec une réelle émotion qu'en 1902, déjà miné par la maladie et usé par le travail, il reçut les congressistes de la *houille blanche* venus à sa papeterie de Lancey comme en un lieu de pèlerinage.

Groupe électrogène a grande vitesse. — On pouvait voir fonctionner récemment, dans les ateliers Delaunay-Belleville, à Saint-Denis, avant son départ pour l'Exposition de Saint-Louis, un groupe électrogène de 1000 kilowatts. L'alternateur, construit par la Société « L'Éclairage Électrique », était du type classique à inducteur volant, mais le moteur à vapeur (du type Delaunay-Belleville, créé depuis quelques années seulement, et qui a déjà reçu de nombreuses applications) se distinguait par une vitesse angulaire considérable : 333 tours par minute, qui n'avait pas encore été atteinte, croyons-nous, dans des machines à cylindres de cette puissance; il en résultait des dimensions très réduites pour l'ensemble du groupe générateur. La machine, qui est verticale et à triple expansion, possède 3 manivelles, calées à 120 degrés, qui baignent dans l'huile; les tiroirs sont cylindriques et travaillent avec de la vapeur surchauffée modérément, de 90 degrés. Afin d'éviter l'usure des organes mobiles, malgré la grande vitesse dont ils sont animés, on emploie un graissage continu à très haute pression ($6\,kg : cm^2$). D'après le constructeur, la consommation de vapeur est aussi réduite que dans des moteurs horizontaux à marche lente, qui sont beaucoup plus encombrants et dépensent plus en graissage.

Traction. — On sait qu'en raison de l'abondance de la puissance hydraulique de la Suisse, il est question de substituer la traction électrique à la traction à vapeur sur toutes les lignes de chemins de fer de ce pays. Plusieurs systèmes de traction sont actuellement étudiés par les constructeurs suisses et particulièrement par la Société des ateliers d'Œrlikon. Outre le système proposé, il y a déjà deux ans, par cette dernière Société et qui consiste dans l'emploi du courant alternatif simple à haute tension avec groupes moteurs-générateurs placés sur la locomotive et fournissant du courant continu aux moteurs de traction, trois autres systèmes sont à l'étude. Dans deux d'entre eux, c'est encore au courant alternatif simple que l'on a recours pour la transmission de la puissance; ce courant alternatif est utilisé après abaissement de la tension, ou bien dans des moteurs monophasés à collecteurs, ou bien dans des moteurs triphasés, les trois phases étant obtenues par un déphasage convenable du courant d'alimentation au moyen de condensateurs. Le dernier système utilise le courant continu à haute tension.

Le premier de ces quatre systèmes, celui avec groupe convertisseur de courant alternatif en courant continu, est depuis quelques mois en essais sur une ligne d'environ 1000^m appartenant à la Société et sera prochainement appliqué sur un tronçon des Chemins de fer fédéraux d'une vingtaine de kilomètres actuellement exploité par la vapeur. La tension du courant alternatif utilisé dans les essais est de 1400 volts. La locomotive, qui porte deux moteurs de 220 chevaux, est munie d'un dispositif de prise-courant très ingénieux qui sera décrit dans un prochain numéro.

Télégraphie sans fil. — Il y a une quinzaine de jours, le Ministre du Commerce, sur la proposition du Sous-Secrétaire d'État des Postes et Télégraphes, et d'accord avec le Ministre de la Marine, a rendu un décret réglementant la télégraphie sans fil sur les côtes. D'après ce décret, les postes installés par la Marine sont cédés à l'Administration des Postes et Télégraphes, qui assurera le service de la correspondance privée et de la correspondance officielle. Cette administration devra prendre l'avis du département de la Marine pour le choix de l'emplacement des nouveaux postes côtiers qu'elle propose de créer; elle s'engage en outre à n'accorder aucune concession à des particuliers sans avoir reçu au préalable l'assentiment du Ministre de la Marine. Enfin, en cas de mobilisation, tous les postes de télégraphie sans fil seront placés, pour l'exploitation, sous la direction de l'Administration de la Marine.

Électrométallurgie. — Une Commission a été nommée par le Gouvernement canadien en vue de venir étudier en Europe les procédés de fabrication du fer et de l'acier. Cette Commission, qui a quitté New-York le 23 janvier, visitera successivement la Suède, la France et l'Italie.

Sociétés nouvelles. — Société anonyme des diffuseurs lumineux électriques Bonhivers, 64 rue de Provence, à Paris. Capital 1000000^{fr}. Constituée le 23 décembre 1903.

Société en commandite J. Clérisse, Lefèvre et Cie (électricité), 7, rue du Débarcadère, à Paris. Capital 157500^{fr}. Constituée le 21 janvier 1904.

(1) Voir *La Revue électrique*, t. I, p. 89, 15 février 1904, dans laquelle on signale l'avantage résultant de cette disposition au point de vue de l'isolation de la ligne.

(2) Ce système a été décrit dans *L'Éclairage électrique* du 4 juillet 1903, t. XXVI, p. 5.

AVIS.



Tome I. — N° 7. 15 avril 1904.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Charpentier, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, Guilbert, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Maurain, Pellissier, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

SOMMAIRE.

I. **Articles :** Les moyens de transport à Berlin et à Paris, par M. Ch. Jacquin, p. 193; Mesure de l'isolement des coussinets ou isolateurs, supportant le rail ou la ligne de prise de courant pour la traction, par L. Pillier, p. 197.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Applications mécaniques, p. 199; Traction, p. 203; Télégraphie et Téléphonie, p. 206; Éclairage, p. 214; Électrochimie, p. 215; Mesures, p. 216; Divers, p. 219.

III. **Bibliographie,** p. 220. — IV. **Variétés et informations,** p. 221.

LES MOYENS DE TRANSPORT A BERLIN ET A PARIS [1].

Les trains du Métropolitain électrique de Berlin, que j'ai vus, étaient composés de trois grandes voitures à bogies (mesurant $12^{m},70$ de long entre tampons, dont les deux extrêmes, affectées à la troisième classe, sont motrices et pèsent 20,7 tonnes; celle du milieu, non motrice, est réservée à la deuxième classe. L'ensemble d'un train formait une longueur de $38^{m},10$. Je ne crois pas qu'ils aient été augmentés, mais ils peuvent recevoir plus tard un nombre plus grand de voitures, car les quais ont 75^{m} de long. Chaque bogie, à roues de 85^{cm} avec entraxe de $1^{m},8$, est muni d'un moteur de 70 chevaux; il y a donc deux moteurs par voiture groupés en permanence en parallèle. Au démarrage, les groupes de chaque motrice sont couplés en série puis mis en parallèle; la place est réservée sur les bogies pour pouvoir mettre plus tard, au besoin, quatre moteurs sur chaque voiture. La vitesse est de 50 kilomètres à l'heure au maximum et de 25 à 28 en moyenne, tandis qu'elle n'est que 19 à 20 sur la Stadtbahn du Métropolitain à vapeur; on pourra encore l'augmenter si l'on installe quatre moteurs par voiture.

Le frein est à air comprimé produit par un compresseur électrique. Les frotteurs prennent point d'appui sur les boîtes à huile; il y en a un de chaque côté de toutes les voitures, même de remorque, soit six par train.

Les trains se succèdent toutes les 5 minutes environ. La ligne comprend actuellement deux zones de tarifs et en aura trois lorsqu'elle sera achevée. Les prix sont, pour la première zone, de 10 pfennigs ($0^{fr},125$) en troisième classe, et 15 pfennigs ($0^{fr},187$) en deuxième classe; et, pour la deuxième zone, de 15 pfennigs ($0^{fr},187$) en troisième classe et 25 pfennigs ($0^{fr},31$) en deuxième classe.

Les voitures, dont la caisse mesure extérieurement 12^{m} de long et $2^{m},26$ de largeur à la ceinture ($2^{m},36$ entre corniches) et $3^{m},18$ de haut, sont munies aux deux bouts de portes roulantes à un seul panneau, assez étroites, de 70^{cm} seulement de largeur. Les voitures motrices ne possèdent qu'une seule cabine de mécanicien (celui-ci se tient toujours à l'avant du train) : l'espace restant est muni de deux rangées de banquettes accolées contre les parois longitudinales et pouvant recevoir 44 voyageurs assis dans la voiture de remorque et 39 dans les motrices. Il n'y a

[1] Voir *la Revue électrique* du 30 mars, p. 161.

presque pas de vestibule en face des portes, mais sur toute la longueur du train règne un couloir central de $1^m,08$ de largeur (moins la saillie des jambes des voyageurs) et $10^m,20$ à $10^m,60$ de longueur, indiqué pour recevoir trente personnes debout, mais où beaucoup plus pourraient tenir s'ils s'empilaient comme à Paris. La voiture ne mesure que $1^m,90$ de hauteur au droit des banquettes, mais elle est surmontée en son milieu (voir *fig.* 3, p. 165) d'un lanterneau présentant $2^m,10$ de hauteur au-dessus du plancher. La ventilation se fait par des vasistas à charnières verticales de 12^{cm} de hauteur, montés sur les côtés de ce lanterneau; les parois longitudinales de la caisse sont munies de grandes baies vitrées entièrement fixes. L'éclairage est donné par douze lampes montées par deux séries de six.

Sur la ligne I du Métropolitain de Paris, on a fait usage tout à fait au début de trains de quatre voitures (trois de deuxième classe, une de première) beaucoup plus courtes que celles de Berlin ($9^m,25$ de longueur entre tampons), dont une seule motrice. Mais ces trains se sont trouvés très vite insuffisants et on les a doublés, c'est-à-dire formés de 8 voitures dont les 2 extrêmes motrices. On a ensuite ramené la composition des convois, invariable toute la journée, à 7 voitures pour ne pas avoir une charge trop forte à remorquer. Sur la ligne des boulevards extérieurs les trains ont également 7 voitures pendant la plus grande partie de la journée; ils sont toutefois réduits à 4 voitures aux heures peu chargées. On emploiera plus tard des voitures à bogies plus longues, mais les voitures sont, jusqu'à présent, à deux essieux, portant deux moteurs de 100 à 125 chevaux qui peuvent être couplés en série ou en parallèle lorsque le train ne contient qu'une motrice. S'il y a deux motrices dans le train, les deux moteurs de chaque voiture restent en permanence en parallèle, mais les groupes formés par chacune des deux voitures peuvent être couplés en série ou en parallèle; c'est le système à *double unité* Thomson notablement plus simple que les systèmes à *unités multiples* proprement dits. Les deux voitures motrices placées aux deux bouts du train sont réunies par de gros câbles et ne renferment chacune, dans la cabine du mécanicien, qu'un seul combinateur accompagné d'un commutateur pour le couplage des voitures et d'un inverseur pour le changement de marche. Le mécanicien est toujours en tête du train et les voitures motrices n'ont généralement qu'une seule cabine. On emploie pourtant quelques motrices à deux cabines pour les lignes non terminées, telles que le tronçon de la circulaire sud dont le bout de Passy est en cul-de-sac et ne permet pas aux trains de faire la boucle. Les départs ont lieu, sur la ligne n° I, toutes les 3 minutes en semaine et toutes les 2 minutes et demie le dimanche; sur la ligne des boulevards extérieurs toutes les 3, 4, 5 ou 6 minutes suivant les heures de la journée. Le trajet de la ligne I (10,5 km) est effectué normalement en 28 minutes, et celui de la ligne II N (12 km) en 34 minutes. La vitesse de marche est de 20 km : h. en moyenne et de 40 au maximum (à peu près comme à Berlin), ce qui, malgré les nombreux arrêts aux stations, donne une vitesse commerciale très bonne de 21 km : h. Le prix est uniforme, quel que soit le parcours, et donne droit à la correspondance : $0^{fr},15$ en deuxième classe et $0^{fr},25$ en première classe; avant 9^h du matin, on délivre des billets d'ouvrier à $0^{fr},20$ aller et retour.

Le freinage se fait à l'air comprimé produit par un compresseur électrique. Les frotteurs sont fixés sur des pièces de bois prenant point d'appui, par des supports à glissières, sur les boîtes à huile.

La longueur de caisse est de $8^m,20$ pour les motrices à une cabine et de $8^m,80$ pour les voitures d'attelages; la largeur extérieure de caisse est de $2^m,40$ et la hauteur totale de la voiture au-dessus du rail $3^m,30$; les roues ont 85^{cm} de diamètre. Les voitures sont munies, vers leurs extrémités, de quatre portes coulissantes. Les sièges sont disposés transversalement par rangées d'une place d'un côté et de deux places de l'autre, avec couloir central désaxé de 80^{cm} de large; entre les portes est réservé un espace libre, ou vestibule, dont la longueur primitive de $1^m,30$ a été portée à $1^m,90$. Il y a 30 places assises dans les voitures d'attelage et 20 dans les motrices à deux cabines; en outre, 30 personnes, et même plus dans les moments de grande affluence, peuvent se tenir debout dans les vestibules et dans le couloir central. Les portes coulissantes étaient au début à un seul panneau et n'avaient que $0^m,72$ d'ouverture; celle d'un bout de la voiture était indiquée comme entrée et celle de l'autre bout comme sortie; on a supprimé ces

mentions inapplicables, car on ne peut pas circuler dans l'intérieur de la voiture quand elle est pleine; on a, en outre, élargi toutes les portes (la modification a coûté assez cher sur les voitures existantes, mais a été imposée par la Préfecture de police) dont l'ouverture a été portée à $1^m,60$ par une disposition à deux battants.

La ventilation se fait par l'ouverture de châssis vitrés disposés au-dessus des glaces fixes des parois longitudinales de la voiture; en outre, dans quelques voitures, la frise située au-dessus des châssis vitrés, près du plafond, a été percée de petites fenêtres, à volet pivotant vertical de $0^m,06$ environ de hauteur. L'éclairage est produit dans les voitures par 10 lampes de 10 bougies à 110 volts disposées en deux séries de 5 et dans les souterrains par des lampes espacées de 25^m. Détail amusant: il a fallu créer un modèle spécial de culot plus grand que celui du commerce, parce que les lampes du type ordinaire employées au début disparaissaient comme par enchantement.

Si l'on regarde les sections des deux souterrains de Paris et de Berlin (*fig.* 3 et 4), on est frappé à première vue du vide beaucoup plus grand qui existe à Paris autour et surtout au-dessus des voitures. En largeur (*fig.* 4) il y a $0^m,72$ de distance entre la paroi latérale de la caisse et les piédroits du tunnel à double voie. A Berlin, au contraire, il n'y a que $0^m,40$ de distance de la caisse aux piédroits. Si l'on avait ramené à Paris la distance à cette dernière valeur on aurait pu augmenter de $0^m,30$ la largeur de chaque voiture. Le résultat eût été une augmentation sensible dans la capacité en voyageurs; en effet, si l'on prend la disposition actuelle avec banquettes transversales, la largeur du couloir central serait passée de $0^m,80$ à $1^m,10$ et aurait pu donner asile facilement à des rangées de voyageurs placés par deux de front dans le sens transversal, tandis qu'actuellement le couloir ne peut tenir qu'une personne de front ou deux se tournant le dos en regardant le tunnel et occupant une assez grande longueur; on serait arrivé à un résultat analogue avec les banquettes placées longitudinalement. La seule modification qui en serait résultée dans la construction eût été un reculement de $0^m,30$ de chacun des quais des gares, soit un élargissement de $0^m,60$ dans la largeur de voûte des gares. C'est, paraît-il, la Ville qui a imposé une distance minima de 70^{cm} entre les voitures et les parois du tunnel, afin que l'on puisse circuler et se tenir en cas de besoin dans le souterrain lorsque les trains y circulent. La Compagnie est très satisfaite de cette mesure qui lui permet d'effectuer commodément des visites ou menues réparations sans interrompre le service, mais cette faculté n'est-elle pas bien dangereuse? Il serait plus prudent, comme on le fait sur les chemins de fer ordinaires, et probablement aussi au métropolitain électrique de Berlin, de n'autoriser le stationnement des piétons sur les voies que couverts par un signal rouge; les trains s'arrêteraient si le piéton n'avait pas le temps de se garer dans une des niches disposées en quinconce tous les 100^m de chaque côté du tunnel.

On remarquera également sur la figure 4 combien le tunnel est mal utilisé en hauteur. A Paris, la partie supérieure des voitures est à $1^m,10$ de la voûte, tandis qu'à Berlin (*fig.* 3) elle est à $0^m,20$ seulement; il en est de même à Budapest ([1]). Dans tous les chemins de fer tubulaires cylindriques: South London ([2]), Waterloo ([2]) et Central de Londres, on s'est ingénié à cintrer la caisse des voitures de façon à lui faire épouser presque exactement la forme du tube. A Paris aussi on aurait dû profiter de la forme elliptique de la voûte, à laquelle conduisait la construction en maçonnerie, pour augmenter la hauteur des voitures, ce qui eût donné un plus grand cube aux voyageurs: l'avantage n'était pas négligeable, puisqu'à présent on se plaint que l'air est vicié dans les trains. L'observation que je fais n'a d'ailleurs plus qu'un intérêt critique: il n'est plus possible maintenant de remédier à cet inconvénient, parce que le plafond des voitures est à $0^m,20$ seulement au-dessous des passerelles des gares ([3]) qui absorbent

---

([1]) Voy. *L'Écl. électr.*, t. XIX, p. 474, 24 juin 1899.

([2]) *Id.*, t. XIX, p. 336, 370, 10 juin 1899.

([3]) Sauf quelques gares qui possèdent deux issues sur la rue, les stations n'ont généralement qu'une seule issue (simple ouverture d'escalier recouverte d'un auvent) qui aboutit en sous-sol à un vestibule contenant le guichet de distribution et un employé poinçonnant les billets au départ (à l'arrivée il n'y a pas de contrôle, on jette les billets dans une boite ou à côté). De ce vestibule on descend directement sur l'un des quais et l'on se rend à l'escalier de l'autre quai par une passerelle formant couloir en sous-sol.

Si les passerelles souterraines n'existaient pas, il faudrait avoir deux issues sur la rue et, sinon deux guichets de distribution, tout au moins deux employés de contrôle.

la moitié de la calotte de la voûte, et aussi, ne l'oublions pas, entament fortement en hauteur le gabarit des voitures des grandes compagnies. Sans supprimer ou faire sortir complètement ces passerelles de la voûte, on aurait pu les relever de $0^m,30$ à $0^m,40$ et surélever d'autant les voitures, ce qui aurait permis d'augmenter fortement le cube d'air offert aux voyageurs tout en empêchant l'entrée des voitures de grandes lignes. Cette modification aurait peut-être conduit à des travaux un peu plus coûteux, résultant par exemple d'un léger abaissement du tunnel dans le voisinage de certaines gares, mais l'hygiène des voyageurs valait bien quelques sacrifices. A quoi sert donc l'aréopage des comités d'examen préfectoraux et ministériels s'il laisse passer sans les redresser les erreurs techniques de nos édiles?

Au point de vue de la ventilation, les voitures de Berlin sont très bien comprises. Les fenêtres du lanterneau se trouvant à $1^m,90$ au-dessus du plancher, les courants d'air se font au-dessus de la tête des voyageurs même debout qui n'en sont nullement incommodés. Je n'ai pas eu l'occasion de me trouver à Berlin dans des voitures combles et de comparer l'aération avec celle des voitures parisiennes, mais les Berlinois m'ont dit que l'atmosphère y était supportable. En tout cas, si l'on n'a pas pu donner des sections plus fortes aux baies d'aération, c'est qu'on se trouvait limité par la hauteur totale intérieure qui n'est que de $2^m,10$ et qui ne permettait pas de descendre davantage le lanterneau, à cause de la hauteur minimum de $1^m,90$ à ménager pour les portes.

A Paris, où la hauteur totale intérieure de la caisse est de $2^m,20$ au sommet, on a trouvé moyen de disposer les ouvertures de ventilation, dans certaines voitures, à châssis de 29^{cm}, à $1^m,50$, et dans d'autres, à châssis de 17^{cm} de haut, à $1^m,60$ au-dessus du plancher, de sorte que les voyageurs debout dans le couloir reçoivent juste sur la tête un courant d'air violent, source de migraines, coryzas et torticolis [1]. Je connais bien des gens, sans me compter, qui, pour ce motif, évitent de prendre le métropolitain, malgré sa rapidité, aux heures de grande foule. Si l'on avait pris, comme il a été dit plus haut, les dispositions convenables pour pouvoir augmenter la hauteur totale des voitures, on aurait pu, au moyen d'un lanterneau, réaliser une ventilation bien plus intense que celle existante sans gêner les voyageurs. Avec les dimensions actuelles il faudrait, pour éviter les courants d'air, changer complètement la disposition des voitures, en réduisant la hauteur sur les côtés, de manière à pouvoir établir la ventilation par un lanterneau assez haut analogue à celui de Berlin [1]. Ceci conduirait à placer les banquettes longitudinalement au lieu de transversalement.

On se rend bien compte, d'après l'aspect des plans, qu'à Berlin comme à Paris, les lignes métropolitaines ne peuvent servir quand on effectue des parcours en diagonale dans une orientation quelconque. De nombreuses lignes de tramways remplissent ce but à Berlin; dans la Leipziger Strasse, par exemple, les tramways de diverses lignes forment un chapelet presque ininterrompu. Lorsque je m'y trouvais on ne voyait déjà presque plus de tramways à chevaux. J'ai lu que depuis quelques mois la traction animale y a complètement disparu. Il n'y a pas de tramways à air comprimé ou à vapeur, mais seulement des tramways électriques, qui comportent quelquefois trois voitures. Le tarif est par zones à partir de 10 pfennigs ($0^{fr},12$). La plus grande partie du parcours est faite par trôlet, sauf dans les belles avenues et dans les traversées des carrefours du centre. Pour effectuer ces trajets, on se servait d'abord d'accumulateurs rechargés en cours de route par le trôlet, comme cela existe encore sur un certain nombre de lignes parisiennes. On y a renoncé parce qu'en raison des insuffisances fréquentes de voltage sur le conducteur aérien, les batteries se rechargeaient mal et se détérioraient

---

[1] Les voyageurs assis ne souffrent pas de cet inconvénient; ceux qui se tiennent debout dans les vestibules ne reçoivent pas non plus de courant d'air parce qu'il n'y a pas du tout d'ouvertures dans cet espace : à cause des portes, ils ressentent seulement, vu le manque d'air et l'entassement, une légère transpiration et un tant soit peu d'oppression, ce qui, pour beaucoup, est encore moins dangereux que le courant d'air.

[1] Quoiqu'il semble possible en théorie de relever, sans mettre de lanterneau, la hauteur des vasistas latéraux sur les parois des voitures existantes dont la hauteur intérieure est de $2^m,10$, il paraît que les constructeurs d'ici (en Amérique il en serait peut-être autrement) ont déclaré la modification impossible à réaliser pratiquement, à cause de la commande de roulement des portes et de divers autres obstacles.

vite; et l'on emploie maintenant le système à caniveaux, mais l'équipement des voitures est étudié de façon que le passage du trôlet au caniveau se fasse *automatiquement et en marche*, sans exiger aucune manœuvre accessoire sur la voie de la part du conducteur ou d'un ouvrier stationnaire comme sur la ligne parisienne Bastille-Charenton. Le système mixte, trôlet et caniveau, que l'on doit installer à Paris sur beaucoup de lignes, ne sera pratique que s'il permet la même transition automatique. Il y a encore à Berlin un certain nombre d'omnibus à chevaux, mais ils sont très petits et ne font que de très courts parcours à 10 et même 5 pfennigs ($0^{fr},12$ et $0^{fr},06$).

A Paris existent également de nombreuses lignes de tramways sur la plupart desquelles on a appliqué, dans ces dernières années, la traction mécanique à air comprimé, chaudières à vaporisation rapide Serpollet ou Purey, et l'électricité par accumulateurs et trôlet, ou bien caniveau. La traction animale est encore représentée sur quelques lignes de tramways et par toutes les lignes d'omnibus.

Depuis 1899, date de mes premières Notes sur les moyens de transport, les fiacres ou voitures publiques parisiennes se sont un peu améliorés; un grand nombre ont reçu des roues caoutchoutées; la tenue du véhicule et du cocher est plus soignée. La principale compagnie de voitures a même fait un essai de fiacres électriques (au nombre de 200 environ) qui a été vite abandonné, parce que les dépenses de charge et d'entretien des accumulateurs, jointes à celles des pneumatiques, étaient trop fortes.

J'ai vu également à Berlin un certain nombre de voitures électriques de place, mais je ne sais si ce mode de locomotion se développera. Les fiacres à chevaux, à quatre roues, ne sont ni moins ni plus élégants que ceux de Paris (c'est-à-dire ne supportent pas la comparaison avec les cabs londoniens), mais ils sont moins coûteux pour les petites distances. Ils sont tous, sans exception, munis d'un compteur kilométrique (dénommé *taxameter*, taxamètre, appellation qui est même passée à la voiture complète) dont le fonctionnement ne donne lieu à aucune critique, ni de la part du cocher ni de la part du voyageur, malgré l'emploi de deux graduations suivant que le trajet est effectué avant ou après minuit. Pour le tarif ordinaire, la taxe initiale, de 0^{km} à 1^{km}, est de 60 pfennigs ($0^{fr},75$), et ensuite de 10 pfennigs ($0^{fr},25$) par demi-kilomètre. Un essai va être prochainement tenté, à Paris, avec des fiacres munis de compteurs à tarification analogue à celle de Berlin : $0^{fr},75$ par kilomètre, et $0^{fr},25$ pour les suivants. C'est certainement dans cette voie que les loueurs de voitures parviendront à faire cesser les baisses de recettes causées dans ces dernières années par la concurrence du métropolitain et des tramways mécaniques. Mais il faudrait, pour que cette innovation soit bien accueillie par le public, que l'on procédât comme à Berlin, où les prix sont *nets*, et où le cocher ne réclame pas de pourboire (je l'ai constaté par expérience), quitte à modifier le tarif, qui serait peut-être un peu faible pour les grandes distances.

J'arrive à la même conclusion qu'en 1899. Si, depuis cette époque, Londres et Berlin ont fait des progrès sur les moyens de transport, nous en avons fait de pareils, et notre ville est aussi bien desservie que Londres et Berlin, et probablement le sera même mieux d'ici quelques années.

CH. JACQUIN.

MESURE DE L'ISOLEMENT DES COUSSINETS OU ISOLATEURS,

SUPPORTANT LE RAIL OU LA LIGNE DE PRISE DE COURANT POUR LA TRACTION.

Il est intéressant pour les Compagnies de traction de rechercher pendant la marche l'isolement de chacun des coussinets supportant le rail de prise de courant, afin de procéder au remplacement des coussinets défectueux pendant l'arrêt.

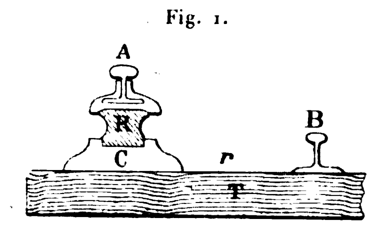
Pour que cette recherche soit pratiquement possible, il est nécessaire d'avoir une méthode simple qui permette son emploi par le personnel chargé de la réfection de la voie.

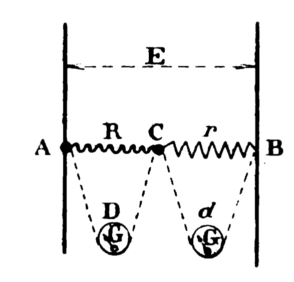
Dans le cas général du retour du courant par

les rails de roulement le problème semble impossible, car la résistance d'isolement de chacun des coussinets est shuntée par la résistance d'isolement de l'ensemble des autres. Mais si l'on remarque que la résistance d'isolement du rail de prise de courant au rail de roulement se compose, presque toujours, de deux parties entre lesquelles se trouve une pièce conductrice qui est le socle du coussinet, la mesure peut s'effectuer à l'aide d'un seul voltmètre [1].

Considérons la section d'une traverse T au droit d'un coussinet, faite perpendiculairement à la direction des rails (*fig.* 1). A est le rail de prise

Fig. 1.





de courant, isolé du socle C par l'isolant R. B est le rail de roulement. Le voltmètre, de résistance G, est placé en dérivation sur les deux rails A et B. On lit une déviation E proportionnelle à la différence de potentiel existant entre ces deux points A et B. L'appareil intercalé entre le rail isolé A et le socle C indique une autre déviation D. Si la tension n'a pas varié pendant ce faible intervalle de temps, on a

$$e_R = kD = kE \frac{\frac{GR}{G+R}}{\frac{GR}{G+R} + r}.$$

[1] La même méthode s'applique identiquement à la mesure de l'isolement des isolateurs des lignes aériennes; le socle est dans ce cas remplacé par le support métallique de l'isolateur.

Une troisième mesure d est prise entre le socle C et le rail de roulement B. On a, dans ce cas,

$$e_r = kd = kE \frac{\frac{Gr}{G+r}}{\frac{Gr}{G+r} + R}.$$

Ces deux équations, résolues par rapport à R et r, donnent

$$r = G\frac{E-(D+d)}{D}, \qquad R = G\frac{E-(D+d)}{d};$$

R, résistance d'isolement propre du coussinet R, est donc connu en fonction des trois déviations E, D, d et de la résistance G du voltmètre.

Comme dans la mesure d'isolement par la méthode du voltmètre-ohmètre, il est inutile que le voltmètre soit étalonné, il suffit qu'il soit divisé en parties proportionnelles aux forces électromotrices.

La sensibilité de la méthode dépend de la résistance r des dérivations entre le socle et le rail de roulement. Si r devient nul, la valeur de R est indéterminée, mais généralement la mesure sera possible.

Pour rendre plus pratique l'emploi de la méthode, remarquons que R peut s'écrire

$$R = G\left(\frac{E-D}{d} - 1\right).$$

La différence E — D des lectures pouvant se faire immédiatement de tête, une table à double entrée donnera directement les valeurs de l'isolement en fonction de la différence E — D des deux premières lectures et de la troisième d. Un chef d'équipe intelligent pourra donc procéder lui-même à la vérification de l'état des coussinets.

L'avantage de cette méthode est qu'elle permet l'emploi du voltmètre industriel, mais sensible, tel que le modèle apériodique de la maison Chauvin et Arnoux. Un voltmètre de 600 volts a une résistance intérieure de 120000 ohms environ, ce qui permet d'estimer 50 mégohms dans le cas où r est de l'ordre du mégohm.

L. PILLIER,
Ingénieur de la Maison Chauvin et Arnoux.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Les caractéristiques du moteur à répulsion monophasé, par WALTER J. SLICHTER. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers. (*Electrical World and Engineer*, t. XLII, p. 266-267, 6 février 1904).

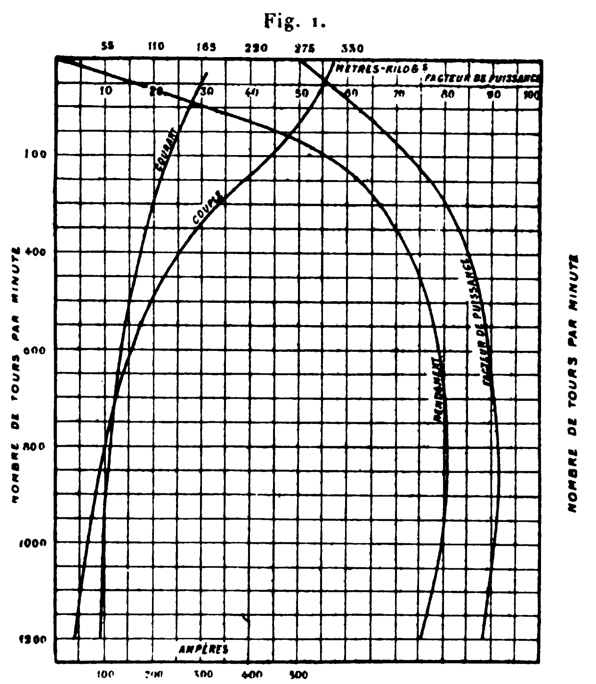
Le moteur à répulsion ressemble fort à un induit à courant continu placé dans un stator de moteur asynchrone. Comme dans le moteur asynchrone, il n'y a dans le moteur à répulsion aucune connexion électrique entre le primaire et le secondaire. Cela permet d'adapter l'enroulement primaire à une tension d'alimentation élevée, tandis qu'on enroule le secondaire pour une tension choisie de manière à obtenir une commutation satisfaisante.

Ce moteur a les mêmes caractéristiques que le moteur-série à courant continu : couple maximum au démarrage, couple croissant à intensité croissante et vitesse décroissante, rendement à peu près constant pour des vitesses largement différentes. La vitesse maxima du moteur n'est limitée que par la charge et la tension appliquée, elle n'est pas liée à la vitesse de synchronisme.

En raison de la réactance des enroulements du moteur, le facteur de puissance est bas au démarrage, comme dans tout alternomoteur, mais, dans le moteur à répulsion, un faible facteur de puissance n'entraîne pas la faiblesse du couple : le couple est maximum, au contraire, quand le facteur de puissance est minimum, c'est-à-dire au démarrage. Le facteur de puissance du moteur à répulsion croît très rapidement avec la vitesse; il est déjà bon au tiers du synchronisme et reste voisin de 90 pour 100 sur une étendue considérable de l'échelle des vitesses. Il n'est donc pas nécessaire d'avoir un grand nombre de pôles et l'on peut employer des fréquences de 25, 40 et même 60 périodes par seconde.

Les conducteurs du circuit secondaire en rotation, en coupant le flux primaire, engendrent une force électromotrice décalée en avant qui produit dans ces conducteurs un courant en avance : c'est pourquoi le moteur a un facteur de puissance élevé. Dans le type simple du moteur à répulsion, ce courant en avance n'atteint jamais une intensité suffisante pour compenser entièrement le courant magnétisant et les autres courants déwattés aux vitesses pratiquement réalisables, mais ce phénomène trouve son application dans les moteurs compensés, où l'on obtient un facteur de puissance unité par l'emploi d'un second circuit primaire. Le facteur de puissance essentiellement élevé du moteur à répulsion permet de donner à l'entrefer plus de largeur que dans les moteurs d'induction ; c'est un avantage précieux pour les moteurs de traction. Les courbes reproduites en figures 1 et 2 se rapportent à des moteurs dont

Fig. 1.



Caractéristiques d'un moteur à répulsion de 60 chevaux (500 volts, 25 périodes).

l'entrefer est large de 3^{mm} et plus. Pour des moteurs d'induction fixes de même puissance, l'entrefer serait de 1^{mm} au plus. Le rendement du moteur à répulsion, sans égaler celui du moteur continu, est très bon : il atteint des valeurs de 80 à 85 pour 100, y compris

(¹) L'Office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXᵉ), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

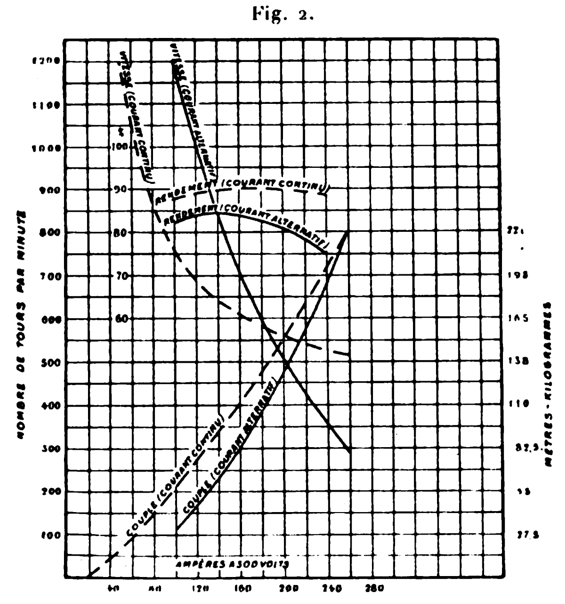
Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Iᵉʳ). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

les pertes dans les engrenages, pour des puissances comprises entre 50 et 200 chevaux.

Aux vitesses normales, la commutation est bonne, en raison de la rotation du champ. Quand la vitesse décroît, le courant croît rapidement et tend à donner des étincelles, mais, en réduisant la tension au démarrage, on maintient l'afflux de courant dans les limites nécessaires pour une commutation satisfaisante, comme dans le moteur à courant continu. Aux grandes vitesses (au delà de 1,5 fois la vitesse de synchronisme), la fréquence de la commutation devient trop élevée et produit des étincelles.

Le moteur auquel se rapportent les courbes de la figure 1 démarre sous une tension égale à 75 pour 100 de la tension normale, en absorbant un courant double du courant de pleine charge, sans étincelles gênantes. Ces courbes ont été obtenues en partie par des essais, en partie par le calcul. Elles donnent les caractéristiques du moteur à répulsion en fonction du nombre de tours par minute. Il s'agit d'un moteur de 60 chevaux, alimenté à 500 volts et 25 périodes. On voit l'augmentation rapide du rendement et du facteur de puissance, et la grandeur du couple de démarrage : ce couple est de 318 mètres-kilogrammes, avec une intensité de 325 ampères; le couple normal pendant l'accélération est de

Fig. 2.



Caractéristiques d'un moteur à répulsion et d'un moteur-série à courant continu, alimentés tous les deux à 500 volts.

62 mètres-kilogrammes à 750 tours et 125 ampères. Ainsi le couple de démarrage est 5 fois le couple normal et le courant de démarrage 2,6 fois le courant normal, c'est-à-dire que le couple par ampère au démarrage est 1,92 fois plus grand qu'à la vitesse normale.

La figure 2 montre la rapidité de variation de la vitesse en fonction de l'intensité. Les courbes pleines se rapportent à un moteur à répulsion de modèle récent, les courbes pointillées à un moteur de traction à courant continu, excité en série. On a porté les ampères en abscisses. On voit que le couple croît plus vite avec l'intensité dans le moteur à répulsion que dans le moteur série, et, réciproquement, que la vitesse du moteur à répulsion croît plus rapidement, à intensité décroissante, que celle du moteur série. Le rendement, pertes dans les engrenages comprises, atteint 84,5 pour 100 dans l'alternomoteur. Ce moteur a été construit surtout en vue de l'accélération, d'autres ont été établis pour une marche à vitesse constante : la courbe des vitesses ne s'élève pas aussi rapidement, mais le rendement et le facteur de puissance sont meilleurs aux faibles charges.

Ces caractéristiques montrent que le moteur à répulsion s'adapte parfaitement à l'allure d'accélération. Le rendement pendant la période d'accélération y est plus élevé que dans les moteurs à courant continu, grâce à la possibilité de réduire la tension appliquée sans recourir aux résistances mortes.

On a calculé les caractéristiques d'un moteur à répulsion de 175 chevaux, destiné à remorquer des trains lourds à faible vitesse. L'entrefer est de 3^{mm},7; le moteur fonctionne à 1500 volts et 25 périodes. Le rendement atteint son maximum (85 pour 100) à la vitesse de 500 tours par minute; le facteur de puissance, à cette allure, est 93 pour 100. Cette vitesse correspond à une vitesse de translation de 20^{km} à 24^{km} à l'heure, si l'on emploie un engrenage réducteur. On pourra donc appliquer avec succès le moteur à répulsion aux locomotives de trains de marchandises. P. L.

La transmission électrique de l'énergie comme facteur économique dans les usines et les ateliers, par G.-H. BOWDEN. Communication à l'Association textile de Bradford (Angleterre) (*Electrical Review*, N. Y., t. XLIV, p. 330-335, 27 février 1904).

La supériorité de la transmission de l'énergie par l'électricité dans les grands ateliers tient à ce que, avec une installation à vapeur, il y a nécessairement plusieurs chaudières ou au moins plusieurs machines réparties sur une grande surface, et que le rendement d'une telle distribution est nécessairement très faible. Avec la transmission électrique, la génération de l'énergie est localisée en un seul point; elle se fait au moyen de machines à rendement élevé et se transmet économiquement à des récepteurs dont la souplesse corrige la nature intermittente du travail

des machines-outils et accroît notablement le coefficient d'utilisation de l'installation ([1]).

La transmission électrique n'impose plus de limite au développement superficiel des usines. Dans les industries du blanchiment et de la teinturerie, le sectionnement des groupes générateurs finit par entraîner une dépense de combustible, des difficultés de surveillance et d'entretien inadmissibles. Dans les usines de l'Écosse et du Lancashire, la substitution de l'électricité a provoqué une réduction de 30 à 35 pour 100 du prix de revient.

L'unité de l'installation génératrice permet de n'employer que des machines puissantes et perfectionnées, avec une consommation de vapeur de $6^{kg},75$ à 8^{kg} de vapeur par cheval-heure et un rendement combiné de 84 à 87 pour 100 aux bornes de la dynamo ([2]). L'énergie engendrée ainsi avec le maximum d'économie est transmise dans les ateliers de superficie courante avec un rendement de 95 pour 100, au moyen de fils électriques, alors que les meilleures transmissions mécaniques donnent un rendement de 43 pour 100 au maximum.

Ces quelques chiffres expliquent amplement le succès de la transmission électrique dans les usines anglaises. Il tient aussi à la simplicité avec laquelle on tient compte des développements ultérieurs des ateliers et avec laquelle on peut répartir l'énergie.

Il ne faut pas cependant perdre de vue que l'électricité est avant tout un agent économique de transmission de l'énergie; aussi, pour des usines de moins de 100 chevaux, groupées tout près des chaudières, les avantages de la transmission électrique sont-ils peu considérables ([3]).

Dans la répartition des moteurs électriques, on obtient un arrangement autant que possible interchangeable, en groupant les machines légères sur une transmission commune et en accouplant les grosses machines à un moteur spécial.

Après avoir exposé les caractères généraux des moteurs-shunt, série et compound suivant la nature du travail à accomplir, l'auteur examine les résultats obtenus en pratique. Il rappelle l'exemple des ateliers de MM. Dorman, Long et Cie, de Middlesborough, où a été établi un équipement individuel de plus de 200 moteurs; la station se compose de trois groupes de 200 chevaux et de trois autres de 500. Cette installation est le plus ancien exemple de transmission électrique; une expérience prolongée a montré que les dépenses de la transmission se réduisaient pratiquement à celles du remplacement des balais et de l'huile de graissage. Avec une dépense totale de 200 000fr, depuis 1894, pour l'équipement électrique, on a réalisé annuellement une économie de 75 000fr à 100 000fr.

TABLEAU A. — *Coût comparé du travail de monte-charges électriques et hydrauliques.*

TYPE	CHARGE en kilogrammes.	SOURCE D'ÉNERGIE.	COURSE en mètres.	COUT de la course aller et retour en centimes.	OBSERVATIONS.
Électrique	356	Station de Manchester	15	1,59	Conditions défavorables. 0fr,25 le kilowatt.
Hydraulique, haute press.	356	»	15	2,9	
Hydraulique, basse press.	356	»	15	4,45	
Électrique	454	Privée	15	1,6	Conditions ordinaires. 0fr,25 le kilowatt.
Hydraulique, haute press.	454	Eaux de Londres	15	2,77	
Électrique	454	Station de Glascow	15	0,61	0fr,25 le kilowatt.
Hydraulique, haute press.	454	»	15	2,12	
»	610	Eaux de Londres	15	3,5	
»	454	»	15	2,87	
»	610	»	15	4,2	

([1]) Dans la moyenne de plus de cent usines anglaises inspectées par l'auteur, une seule chaudière a remplacé les quinze ou vingt qui faisaient le service, et deux ou trois moteurs à vapeur se sont substitués à un grand nombre de petits moteurs répartis à travers les ateliers.

([2]) Quand on a déterminé la puissance de la station, il n'y a plus qu'à examiner comment cette puissance doit être divisée, suivant la nature du travail à fournir. Au delà de 500 chevaux, il n'est pas judicieux d'employer une seule unité génératrice; une bonne disposition pour des puissances de 700 à 800 chevaux est de diviser la génération entre deux groupes d'un tiers et de deux tiers de la puissance totale. L'unité la plus forte fournit alors l'énergie pendant le jour, et la plus petite mise en parallèle avec la première supplée à l'énergie absorbée par l'éclairage. Pour des puissances plus élevées, il est bon d'employer trois unités, dont deux suffisent à l'énergie mécanique totale et à l'éclairage.

([3]) Il est cependant des cas, comme ceux des ateliers de construction de Leeds, où la transmission électrique rend

L'auteur ne croit pas que la transmission électrique apporte une grande économie, appliquée aux machines à carder, à filer ou à tisser, par un équipement individuel ; mais il n'en est pas de même des machines élévatoires qui jouent un rôle si important dans l'industrie textile. Le Tableau A établit à ce sujet une comparaison entre les monte-charges électriques et hydrauliques.

TABLEAU B. — *Pertes des transmissions mécaniques.*

NATURE des ateliers.	PUISSANCE totale en chevaux.	PUISSANCE absorbée par la transmission pour 100.	CHARGE.	CHEVAUX par 30ᵐ de transmission.	CHEVAUX par 450ᵐ de transmission.	CHEVAUX par palier.	CHEVAUX par courroie.
Tréfilerie..........	400	39	0,50	14	0,58	0,37	1,76
Étampage d'acier..	74	77	0,33	9,8	0,35	0,84	2,4
Chaudières et machines...........	38	65	0,66	4,77	0,21	0,55	0,48
Grosse construction.	112	57	1	5,7	0,23	0,58	0,45
Machines légères...	74	54	1	8	0,40	0,69	0,12
Outils............	47	52	1	2,5	0,23	0,24	0,11
Outils............	190	57	1	4,36	0,43	0,39	0,21
Machines à fileter et vis..............	241	47	1	6,33	0,38	0,63	0,23

TABLEAU C.

COUT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE AU TABLEAU. Essai de 139 demi-heures, 17 au 23 novembre 1901.		COUT DU KILOWATT-HEURE EN CENTIMES.	
Ampères moyens........................	3 464	1ᵏᵍ,38 de charbon à 13ᶠʳ,50 la tonne, en cent.	1,87
Tension moyenne (volts)...............	125	12ᵏᵍ,5 d'eau............................	0,0963
Watts moyens..........................	433 000	Manutention	0,0995
Chevaux électriques moyens............	580,42	Salaires................................	0,6625
Kilowatts-heure	60 403	Réparations.............................	0,159
Poids de vapeur par kilowatt-heure.....	12ᵏᵍ,5	Administration..........................	0,1192
Poids de charbon »	1ᵏᵍ,38	Intérêt et amortissement	0,99
		Total	3,9965

Le Tableau B montre que les pertes par transmission mécanique varient de 39 à 70 pour 100 ; ces pertes varient naturellement suivant la distance de la machine-outil au moteur.

Quel que soit le prix de revient de l'énergie électrique au tableau, l'auteur n'est pas d'avis de l'emprunter à une source extérieure, même au prix de 0ᶠʳ,10 le kilowatt-heure, si la puissance de l'atelier est supérieure à 150 chevaux. Dans la Table C, l'auteur montre sur quel prix de revient un industriel peut compter en produisant l'électricité lui-même. Les chiffres qu'il indique sont pris dans la pratique courante.

P.-L. C.

des services, malgré le peu d'étendue de l'usine : dans ces ateliers, une machine de 220 chevaux, compound et à condensation, fut trouvée insuffisante ; on y accoupla une dynamo et l'on transforma quelques transmissions mécaniques (grues, scies mécaniques, etc.) à l'électricité. Bien que la vitesse de travail d'un certain nombre de machines fût ainsi augmentée, le moteur à vapeur put dès lors suffire et indiqua même une puissance normale moindre.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : BROWN. USAP. 750940, 13 juillet 1902. — DELZEIL. USAP. 750098, 31 oct. 1903. — FLEISCHMANN. USAP. 752391, 24 juin 1903. — GUSHMAN. DRP. 150991, 15 avril 1903. — HERMANS. USAP. 750765, 4 déc. 1899. — LAHMEYER et Cⁱᵉ. DRP. 151014 et 151015, 30 oct. 1902 et 23 mai 1903. — MAXIM. USAP. 751191, 12 mars 1903. — MOULD. BP. 7590, 1903. — RIDDELL. USAP. 752589, 28 mai 1900. — SCHUCKERT et Cⁱᵉ. DRP. 150944, 10 mars 1903. — SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. BF. 338405, 24 nov. 1903.

Dispositifs de démarrage et de régulation : ADLER. BP. 25012, 1903. — BECKER et Cⁱᵉ. DRP. 151278, 3 janv. 1903. — EASTWOOD. USAP. 751903, 25 sept. 1903. — HALL. BP. 2284, 1903. — INTERNATIONAL ELECTRIC CONTROLLER CY.

BP. 20916, 1903. — KOHLER. BF. 337222, 1er déc. 1903. — LAHMEYER et Cie. DRP. 151016, 15 juil. 1903; BF. 337594, 11 déc. 1903; BP. 26259, 1903. — NICHOLS. USAP. 751517, 13 juin 1903. — O'BRIEN. USAP. 752097, 3 mai 1903. — SCHUCKERT et Cie. DRP. 149609, 8 fév. 1903. — SIEMENS et HALSKE DRP. 150913, 8 août 1902. — SOCIÉTÉ DE COMMENTRY FOURCHAMBAULT et DECAZEVILLE. BF. 337893, 19 déc. 1903. — TICE. USAP. 751120, 7 avril 1903. — UNION ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. DRP. 150777, 12 mai 1903. — VICKERS SONS AND MAXIM LTD. et WILLIAMSON. BP. 6513, 1903.

Électro-aimants : TIMMIS. USAP. 750132, 19 juin 1903. — UNION ELECTRICITAETS GESELLSCHAFT. DRP. 149580, 6 fév. 1903.

Appareils et Machines : AMROM. USAP. 753027, 27 juin 1903 (ventilateur oscillant). — ANTHOINE. DRP. 151352, 29 juil. 1902 (embrayage électromagnétique). — BELL. USAP. 752643, 31 juil. 1903 (pompe). — JENATZY. BP. 2803. 1903 (embrayage). — KOTTMANN. BP. 8605, 1903 (scie). — ORR. USAP. 750115, 9 sept. 1903 (pompe). — OVIATT et DEAN. USAP. 751100, 3 mai 1901 (séparateur de minerai). — REUTER. BP. 24914, 1903 (grue). — RICHMOND et CAREY. BP. 174, 1903 (grue). — SCHMIDT. USAP. 750492, 9 mai 1903 (horloge). — SNYDER. BP. 28399, 1903 (séparateur de minerai).

Signaux : BABCOCK, USAP. 750793, 17 juillet 1903 (sélectionnés). — BARTON et SNEERINGER. USAP, 750150, 30 avril 1903 (d'alarme pour incendie). — BRADLEY. USAP, 751780, 3 oct. 1903. — BREESE. USAP. 751048, 5 mai 1902 (pour chemins de fer). — BREEDLOVE et GRANT. USAP. 749160, 12 janv. 1904 (avec manœuvre d'aiguillage). — BUTLER et MC COLLUM. USAP. 752822, 12 nov. 1903 (d'alarme pour train). — CASSEL. USAP. 749842, 3 mai 1902 (d'alarme). — CHANDLER USAP. 752824, 24 oct. 1903 (avec commande d'aiguillage). — CLAUSEN. USAP. 749982, 19 déc. 1901. — CRAWFORD. BP. 2921, 1903 (avec commande d'aiguillage). — DECROW. USAP. 750268 à 750270, 29 avril, 17 juin et 27 sept. 1901. — DICKINSON. USAP. 752659, 4 janv. 1902 (pour monte-charge et ascenseur). — DOBRZANSKI et HUSCHEK. BP. 4089, 1903 (block-signal). — FESSENDEN. USAP, 752894, 29 déc. 1902 (sélectionnés). — GEHRUNG. USAP. 752150, 8 fév. 1902 (idem). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 6425, 1903 (indicateurs). — GOLDING. USAP. 751788, 15 juillet 1903. — GRAUEL. USAP. 751071, 19 mars 1903. — HARVEY. USAP. 750646, 9 sept. 1903 (sonnerie). — HASBURG. USAP. 753136, 23 juil. 1903 (d'alarme). — HJORTH. DRP. 150851, 22 mars 1903 (bouton de pression pour signaux). — KNUDSON. USAP. 750288, 6 juin 1902 (avertisseur). — LAMBERT SCHMIDT. USAP. 750309, 28 août 1901 (avertisseur). — LANE. USAP. 752081, 14 mai 1903 (pour wagons). — LEEDY. USAP. 752084, 10 nov. 1902 (pour chemins de fer). — MARCHESSAULT. USAP. 750991, 13 nov. 1902 (pour chemins de fer). — MENKIN. USAP. 751193, 30 juillet 1901 (d'alarme). — MICKEY. USAP. 749939, 1er août 1903 (pour chemins de fer). — MOAK. USAP. 750296, 8 déc. 1902. — MORTON. USAP. 753157, 19 oct. 1903 (block-système). — NEELEMANS. DRP. 18 déc. 1902 (pour chemins de fer). — PERKINS. USAP. 749919, 29 oct. 1903 (indicateur). — PETERS. USAP. 750117, 21 nov. 1902. — POWERS, USAP. 750981, 5 mars 1903. — ROBERTSON, BP. 16965, 1903 (d'incendie). — ROBINSON. USAP. 750223, 22 août 1903 (bloc-système). — SADLER. BP. 6415, 1903 (indicateur). — SIEMENS BROTHERS et FERREIRA. BP. 11316, 1903 (sémaphore). — SMALL. USAP. 750777, 13 sept. 1902. — SMITH. BP. 2185, 1903 (avec commande d'aiguillage). — SNELL. USAP. 751021 et 752719, 25 avril et 17 juil. 1903 (automatiques pour chemins de fer). — STANNARD. USAP. 751760, 2 févr. 1903. — TAYLOR. USAP. 752127, 12 janv. 1901 (avec manœuvre d'aiguillage). — TURNER. USAP. 752812, 3 avril 1903 (block-système). — WILSON. USAP. 750543, 13 avril 1903 (avertisseur). — WOOLEY. USAP. 750012 et 750013, 27 avril et 6 juillet 1903.

TRACTION.

Résultats d'exploitation du chemin de fer de la Mersey, par H.-L. KIRKER. Communication présentée à l'Institution of Electrical Engineers (section de Manchester), le 1er mars 1904. [*Electrical Review* (Londres), t. LIV, p. 437-438, 11 mars 1904].

L'électrification du chemin de fer de la Mersey a été confiée à la British Westinghouse Company par contrat signé le 15 juillet 1901; la traction électrique y a été inaugurée le 3 mai 1903 (1). Le changement du mode d'exploitation s'est fait instantanément. Le soir du 2 mai, tout le matériel à vapeur a été retiré. Pendant la matinée du 3, les représentants des Compagnies intéressées ont passé l'inspection du service électrique, puis la ligne a été aussitôt rouverte au public, les trains se succédant à intervalles de trois minutes.

L'horaire adopté exige neuf trains en service et deux en réserve. Le nombre des voitures formant un train varie de deux à cinq. Les trains de trois, quatre et cinq voitures ont deux automotrices (2), placées aux extrémités.

L'installation génératrice est remarquable par le bas prix de revient de l'énergie et par le rendement élevé qu'on en tire. Le premier de ces avantages s'obtient par la manutention mécanique du charbon et des cendres, par l'emploi de condenseurs, de réchauffeurs d'eau d'alimentation, d'économiseurs, et d'une batterie d'accumulateurs (3). Quant au rendement élevé, il est dû : 1° au choix de l'emplacement de l'usine, qui a été construite au point où les pertes en ligne et le capital immobilisé en câbles étaient minima; 2° à l'application de la commande par automotrices multiples, qui réduit la dépense d'énergie.

(1) L'usine génératrice et le matériel électrique ont été décrits l'année dernière. (*Electrical Review*, 22 mai 1903).

(2) La cabine du wattman est revêtue d'amiante; tous les câbles ont un isolement incombustible; la partie du plancher de la voiture qui se trouve au-dessus des moteurs, des rhéostats et des câbles d'amenée du courant est aussi revêtue d'amiante. Les câbles transmettant le courant des frotteurs aux moteurs sont tirés dans des tubes de fer et ne sortent pas des voitures motrices. La ligne servant à la commande électro-pneumatique est indépendante des circuits de moteurs; elle reçoit le courant d'une batterie d'accumulateurs à 14 volts.

(3) L'auteur donne quelques renseignements sur la batterie et son survolteur. Le groupe survolteur se compose d'une dynamo shunt réversible de 2000 ampères, d'une excitatrice compound et d'un moteur compound de 150 chevaux. L'induit du survolteur est en série avec 320 éléments au chlorure de plomb, d'une capacité de 1000 ampères-heure pour une durée de décharge d'une heure. La batterie et son survolteur fonctionnent en parallèle avec les génératrices principales. Pendant la plus grande partie de la journée, une dynamo et la batterie suffisent à fournir l'énergie nécessaire. La charge moyenne d'un jour de semaine

Résultats d'exploitation. — Dix mois s'étant écoulés depuis l'inauguration de la traction électrique, on peut aujourd'hui comparer les résultats donnés par l'exploitation avec les évaluations faites à l'origine.

La ventilation du tunnel revenait en moyenne à 60000^{fr} par semestre avec le matériel à vapeur. Cette dépense est tombée au-dessous de 5000^{fr}, chiffre inférieur aux évaluations, avec le matériel électrique.

La vitesse moyenne des trains était de 24 km : h avec les locomotives à vapeur. On avait prévu, pour la traction électrique, une vitesse de 32 km : h, qui est effectivement atteinte.

Avec les locomotives à vapeur, le nombre des trains-kilomètres par semaine était inférieur à 10000; avec la traction électrique, on obtient 15000, chiffre fort supérieur aux prévisions.

La consommation de charbon avait été évaluée à 1^{kg},8 par kilowatt-heure au tableau; en pratique, elle n'atteint pas ce chiffre.

La consommation d'énergie pour chaque train de trois voitures chargé avait été évaluée à 5,8 kilowatts-heures par train-kilomètre. Le chiffre réel, pendant le dernier trimestre de 1903, a été inférieur à 5,6.

est de 25000 kilowatts-heure par jour, ou 1280 kilowatts en moyenne par jour pendant les 19,5 heures du service journalier. Cette charge moyenne dépasse légèrement la puissance d'une unité génératrice. La charge de la ligne varie rapidement; elle peut passer de 0 à 3500 ampères en quelques secondes. Grâce au survolteur réversible, la batterie se décharge quand le courant de ligne est intense, et se charge quand il est faible. La machine à vapeur marche ainsi à charge à peu près constante, un peu au-dessous de la pleine charge. Pendant les heures les plus chargées, le courant de ligne varie de 0 à 5000 ampères; on fait alors marcher une seconde génératrice, et le survolteur maintient la charge des deux machines à peu près constante, égale aux deux tiers de la pleine charge. Outre la charge que reçoit la batterie dans ces conditions, elle en reçoit une complète une fois par semaine pendant l'interruption du service.

Pour la commande par unités multiples, on emploie le combinateur électro-pneumatique à tambour. Le réservoir d'air des freins fournit l'air comprimé nécessaire. Le courant est fourni, comme on l'a dit, par une batterie à 14 volts, ce qui a permis de donner aux électro-aimants et aux interrupteurs une forme simple et robuste, et d'éloigner tout risque d'incendie de cette partie du matériel. Un verrou automatique immobilise le tambour du combinateur quand le courant de démarrage devient trop intense. Il est manœuvré par un solénoïde mis en dérivation sur l'inducteur du moteur, de sorte que, quand le courant de travail est trop intense, la chute de tension devient suffisante pour envoyer dans le solénoïde un courant qui le fait entrer en action. Sur une ligne comme celle de la Mersey, où les distances entre stations sont courtes, les trains fréquents et lourds et les rampes nombreuses, les démarrages ont une influence prépondérante sur la charge de l'usine génératrice, il est donc nécessaire de recourir à un dispositif comme celui qu'on vient de décrire pour limiter l'intensité du courant de démarrage, sinon l'énergie serait gaspillée et, de plus, les moteurs risqueraient des dommages sérieux.

Au sujet des frais d'exploitation par train-kilomètre, on avait prévu que les dépenses de l'usine génératrice, le prix de l'énergie appliquée à la traction et à l'éclairage des trains, l'entretien du matériel roulant et des rails conducteurs ne dépasseraient pas 0^{fr},42 par train-kilomètre pour un train moyen, long de 70^{m} et pesant 105^{t}, moteurs compris. Le chiffre moyen relevé pour le dernier trimestre de 1903 est inférieur à cette évaluation. La dépense correspondante, pour un train à vapeur long de 60^{m} et pesant 77^{t}, sans la locomotive, mais marchant à une vitesse moyenne de 24^{km} à l'heure au lieu de 32^{km}, dépassait 0^{fr},69 par train-kilomètre. Il fallait une locomotive à vapeur de 80^{t} pour remorquer un train de 77^{t}.

La dépense totale à l'usine génératrice (exploitation et entretien), n'a pas dépassé 0^{fr},35 par kilowatt-heure pendant le dernier trimestre de 1903.

P. L.

Contact superficiel, système Bourne. (*Street Railw. Journ.*, t. XXII, p. 263-264, 13 février 1904). — Ce système comporte l'emploi de deux séries de plots, disposés suivant deux lignes au milieu de chaque voie, et d'appareils électromagnétiques de fermeture et de rupture du courant d'alimentation, groupés par quatre dans l'entrevoie. Les plots de l'une des séries A amènent le courant d'alimentation à la voiture, ceux de l'autre série B servent à conduire un courant dérivé aux appareils électromagnétiques. Ceux-ci sont formés d'un solénoïde vertical à noyau de fer doux mobile; le solénoïde est relié d'une part à la terre, d'autre part à un plot B; par le passage du courant dérivé le noyau est soulevé et met ainsi un plot A en relation avec le conducteur d'alimentation. La fermeture du courant dérivé s'effectuant par une barre de contact située sous la voiture, le courant d'excitation est interrompu dès que la voiture a franchi un plot B; par suite le plot A correspondant cesse alors d'être en relation avec le conducteur d'alimentation. Les essais de ce système ont été faits à Aberdeen (Écosse) sur une ligne de 450^{m}; ils ont, paraît-il, donné toute satisfaction.

Voiture en acier pour le métropolitain souterrain de New-York. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 260-261, 13 février 1904). — En vue d'atténuer les dangers d'incendie la Rapid Transit Subway Company a fait construire une voiture entièrement en acier. La caisse est revêtue intérieurement d'amiante; toutes les moulures ou garnitures sont en cuivre; le plancher est en fer plissé recouvert d'une composition isolante; les châssis des sièges sont en acier laminé. Cette voiture, qui a été mise en service à titre d'essai sur l'Elevated de New-York, a les mêmes dimensions que les voitures ordinaires circulant sur cette ligne; elle ne pèse que deux tonnes de plus que celles-ci. On espère que, par suite des précautions prises dans sa construction, elle ne sera ni trop chaude en été, ni trop froide en hiver et que son roulement ne donnera pas lieu à un bruit excessif.

Roue en fonte à bandage d'acier. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 374-375, 5 mars 1904). — Le bandage, en acier très résistant et laminé à chaud, est placé dans un moule après avoir été chauffé au rouge naissant; on coule alors la fonte qui doit former le corps ou les rayons de la roue. Les essais faits sur les roues de ce genre ont montré que leur usure est excessivement lente; la cassure indique qu'il y a liaison intime du bandage et de la fonte. Quand

ces roues sont hors d'usage on les fond pour confectionner de nouvelles roues avec de nouveaux bandages.

Résultats d'exploitation de la ligne Cleveland-Toledo. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 319-320, 27 février 1904.) — Depuis octobre dernier on a inauguré sur cette ligne électrique, longue de 192^{km}, un service rapide en vue de faire concurrence à une ligne à vapeur. Le train à vapeur le plus rapide met 2^h 35^m pour franchir les 180^{km} qui séparent les gares extrêmes de la ligne à vapeur; les trains omnibus mettent 3^{h}30^m; le prix du parcours est de 16^{fr},25. Les voitures électriques rapides mettent 4^{h}30^m; les voitures omnibus 6 heures; le prix est de 8^{fr},75. La différence des durées de parcours est en fait moins considérable qu'elle ne le paraît, les gares de la ligne à vapeur étant à assez grandes distances des centres des affaires des deux villes et la plupart des voyageurs des trains à vapeur se trouvant dans l'obligation de prendre des tramways urbains au départ et à l'arrivée. Aussi la différence de tarif est-elle fort appréciée du public et les recettes de la ligne électrique ont-elles considérablement augmenté depuis l'inauguration du service rapide.

Great Northern and City Railway (Londres). (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 340-348, 5 mars 1904). — Description complète d'une nouvelle ligne électrique souterraine dont l'ouverture à l'exploitation a été signalée dans *La Revue électrique* du 30 mars, p. 191.

Chemin de fer électrique du Vésuve. (*Génie civil*, t. XLIV, p. 309-314, 19 mars 1904). — Description complète et illustrée de 2 plans, profil en long, 4 vues photographiques et nombreuses figures. La ligne, dont la longueur totale est de 7^{km},5, part de Pugliano, où elle sera raccordée aux tramways de Naples, et aboutit au pied du funiculaire qui monte au sommet du Vésuve; la différence d'altitude est de 690^m, la largeur de voie est de 1^m. Une section à crémaillère (pente maximum 25 pour 100, longueur 1650^m) est intercalée entre deux sections à simple adhérence (pente maximum 8 pour 100, longueurs respectives 3150^m et 2700^m); la crémaillère est du système Strub. L'usine génératrice, établie à peu près au milieu de la ligne, contient un gazogène Dowson, deux moteurs à gaz de 100 chevaux actionnant des moteurs à courant continu à 550 volts, et une batterie d'accumulateurs Tudor de 285 éléments (capacité 260 amp.-h. pour une décharge en 1 heure). La prise du courant se fait par trôlet. Les voitures, du poids de 10^t,5, sont à deux essieux et portent trois systèmes de freinage (à sabots, électrique et électromagnétique); sur la section à crémaillère les voitures sont poussées par une locomotive spéciale. Les frais de l'établissement se sont élevés à 1154000^{fr}, dont 690000^{fr} pour la voie et 150000^{fr} pour le matériel roulant.

Tramway interurbain de Rochester à Geneva (États-Unis). (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 90-99, 16 janvier 1904). — La ligne, longue de 68^{km} et reliant deux villes que dessert un chemin de fer où circulent 22 trains par jour, offre un nouvel exemple de la lutte que se font aux États-Unis les compagnies de tramways et les compagnies de chemins de fer. L'énergie est fournie par une usine à vapeur située à peu près au milieu de la ligne; elle est distribuée par courants triphasés à 40000 volts à des sous-stations où s'effectue la transformation en courant continu à 550 volts; la ligne principale et les feeders sont en fil d'aluminium. La prise de courant se fait par trôlet.

Tramway interurbain de Conneaut à Erié (États-Unis). (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 193-200, 6 février 1904). — Description, illustrée de nombreuses vues, d'une ligne de 56^{km}, inaugurée en septembre dernier et formant un tronçon d'une ligne s'étendant tout le long des côtes sud et ouest du lac Érié, de Buffalo à Détroit, par Toledo.

Tramways de Richmond (États-Unis). (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 18-25, 2 janvier 1904). — Le réseau de Richmond, fort important, est complété par de nombreuses lignes suburbaines et interurbaines. L'article donne une description complète des installations, en particulier de l'usine génératrice. Celle-ci présente cette particularité d'être à la fois hydraulique et à vapeur; elle renferme actuellement 7 machines à courant continu de 700 kilowatts accouplées d'un côté à des turbines hydrauliques horizontales et de l'autre à des machines à vapeur verticales.

Tramways électriques de Vienne. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 200-204, 6 février 1904). — Description du réseau de Vienne, qui depuis le 1er janvier dernier est exploité par la municipalité. Ce réseau, qui comprendra bientôt 320^{km} de voie, est exploité actuellement par 895 voitures à deux essieux, 50 voitures à bogies et 700 voitures de remorque; la prise de courant est faite par trôlet aérien, sauf dans la partie centrale de la ville où elle s'effectue par caniveau souterrain.

Tramway San-Francisco, Oakland et San-José. (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 246-255 et 276-286, 13 et 20 février 1903). — Cette ligne est destinée à desservir les environs d'Oakland, où s'élèvent de nombreuses maisons de campagne des habitants de San-Francisco. La traversée de la baie qui sépare San-Francisco de Oakland est effectuée en ferry-boat; une gare couverte située à l'extrémité d'une longue jetée permet le transbordement des voyageurs sans avoir à redouter les intempéries. La ligne, après avoir parcouru la jetée, dont la longueur dépasse 5^{km}, et passé sous les voies du Southern Pacific Railway, se divise en trois branches, de 3^{km} à 5^{km} de longueur. La voie a 1^m,44 de largeur; la traction se fait par courant continu à 850 volts; la prise de courant s'effectue par une sorte d'archet; les voitures, très spacieuses et fort bien éclairées par trois lampes à arc et trente-cinq lampes à incandescence, sont équipées suivant le système à unités multiples; l'usine génératrice, située sur le bord de la baie, près de l'endroit où commence la jetée, contient deux groupes électrogènes à 850 volts et une batterie d'accumulateurs. L'article donne de nombreux détails, avec illustrations, sur les diverses parties de l'installation.

Tramways urbains et suburbains de Los Angeles. (*Street Railw. Jour.*, t. XXIII, p. 308-318 et p. 349-356, 27 février et 5 mars 1904). — Cinq compagnies de tramways, dont trois appartiennent aux mêmes propriétaires, desservent Los Angeles et ses environs. Les rails des lignes urbaines sont soudés à la fonte; sur les lignes interurbaines la liaison électrique se fait par connecteurs. Les voies urbaines ont 1^m,61 d'écartement; les voies interurbaines 1^m,44: il résulte de ces différences des difficultés assez grandes dans la construction des croisements. L'énergie est transmise à des sous-stations sous forme de courants triphasés à 15000 volts, 50 périodes. L'une des lignes suburbaines, celle du mont Lowne, présente des pentes de 40 à 60 pour 100 qui sont franchies par un funiculaire. Les diverses parties des installations et en particulier l'infrastructure, la voie et les signaux, sont décrites avec détails.

Tramway électrique de l'île de Man (Angleterre). (*Street Railw. Journ.*, t. XXIII, p. 356-371, 5 mars 1904). — Description bien détaillée et très largement illustrée des nouvelles installations de traction effectuées en remplacement des installations faites en 1893.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Télégraphie sans fil système De Forest.

(*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 154, 25 février 1904).

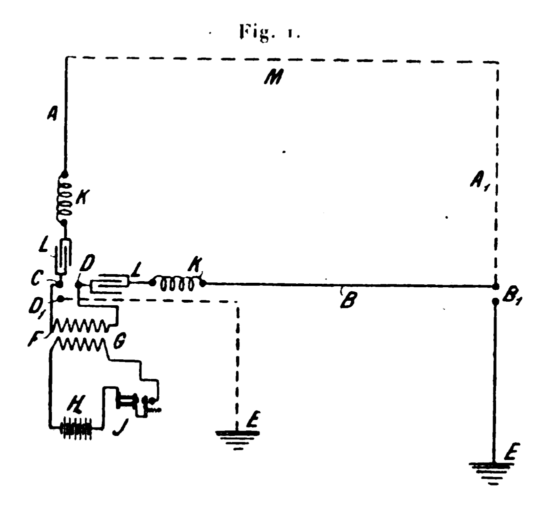
D'après *Western Electrician* du 16 janvier, De Forest emploie le procédé suivant pour concentrer le plus possible dans une direction déterminée les ondes électriques qui, avec les installations habituelles, se propagent librement dans toutes les directions.

L'antenne A (*fig.* 1) n'est pas reliée directement à la terre par l'étincelle. Un fil B est tendu horizontalement comme le représente la figure et c'est ce fil B, placé à une hauteur convenable au-dessus du sol, qui est mis à la terre en E, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une étincelle B_1. Il est avantageux de prendre pour longueur de A un quart de longueur d'onde, et pour B une demi-longueur d'onde.

De Forest a trouvé que, de cette façon, le rayonnement est beaucoup plus intense dans le plan des fils A et B que dans toute autre direction.

L'inventeur emploie encore une autre disposition pour arriver au même résultat. Autour de l'antenne proprement dite sont disposés plusieurs autres conducteurs verticaux (antennes secondaires) formant

Fig. 1.



les génératrices d'un cylindre parabolique dont l'antenne principale représente l'axe focal. D'après l'auteur, le système de fils secondaires doit servir de réflecteur aux ondes électriques et leur assigner une direction déterminée. Chacun des fils secondaires est relié à la terre, directement, ou par un fil horizontal et une étincelle secondaire, et, de plus, avec l'extrémité inférieure du fil principal ou antenne primaire. Dans ce cas également, il est avantageux de prendre pour les fils de terre une longueur égale à une demi-longueur d'onde.

Récepteur Plecher pour télégraphie sans fil.

(*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 127, 18 février 1904).

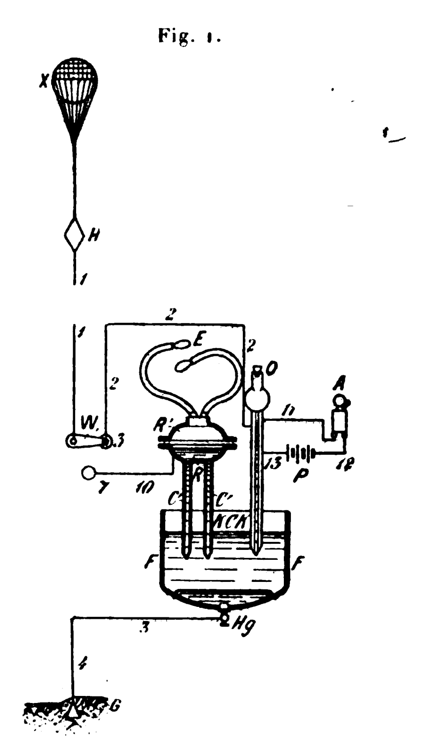
D'après *Western Electrician* du 19 décembre 1903, M. Andrew Plecher, de Bristow, vient de prendre un brevet sur l'emploi de l'électromètre capillaire comme récepteur d'ondes électriques.

La figure 1 indique le schéma de la disposition adoptée.

L'antenne 1, qui aboutit à un commutateur W, se termine à la partie supérieure par une plaque métallique H suspendue par un ballon. Le commutateur, mis au contact 3, intercale sur le trajet des ondes l'électromètre capillaire C qui commande la sonnerie avertisseuse A. Si le commutateur est sur le contact 7, l'électromètre C′C′ entre en activité comme récepteur proprement dit des signaux transmis.

Les électromètres se composent d'un ou plusieurs tubes de verre dont le diamètre intérieur a un peu moins d'un millimètre. Dans ces tubes reste suspendu par la capillarité un filet de mercure qui n'arrive pas

Fig. 1.



jusqu'à l'extrémité inférieure des tubes. Cette extrémité, ouverte, plonge dans une solution de cyanure de potassium, additionnée avantageusement de 1 pour 100 de cyanure d'argent. Le liquide monte dans les tubes jusqu'au mercure, le reste étant contenu dans le vase de verre F dont le fond est recou-

vert d'un peu de mercure pour assurer une bonne liaison avec le fil de terre 3-4.

Si W est sur 3, l'antenne est reliée à la plaque de terre G par le fil 2, qui traverse la paroi de verre de C, par la colonne de mercure du tube et la solution de cyanure. Lorsque des ondes électriques parviennent à l'antenne, le filet de mercure monte dans le tube à chaque impulsion pour retomber ensuite à la position précédente. Ce mouvement de montée est utilisé pour fermer le circuit avertisseur de A : le fil 13 est fixe dans la colonne de mercure, le fil 11 aboutit un peu au-dessus du niveau normal, de sorte que la montée du mercure sous l'action des ondes met en communication les fils 11 et 13 et ferme ainsi la batterie P sur la sonnerie A.

Le commutateur étant mis ensuite sur 7, l'électromètre C'C' est intercalé. Il se compose de plusieurs tubes capillaires plongeant dans le même vase F et réunis à leurs extrémités supérieures dans le vase de verre R. Le vase R est divisé en deux parties par une membrane élastique; la partie supérieure forme une chambre à air R_1 d'où sortent deux tuyaux acoustiques E; la partie inférieure est remplie de mercure en contact avec les colonnes de mercure des tubes; dans ce mercure aboutit le fil de liaison 10 venant de 7. Les mouvements de montée et de descente des colonnes de mercure, causés par les impulsions des ondes, sont ainsi transmis au mercure du vase R et, par l'intermédiaire de la membrane élastique, à l'air de la chambre R'. Il en résulte dans les tuyaux acoustiques des bruits qui correspondent aux signaux Morse utilisés à la transmission.

Un nouveau détecteur d'ondes pour télégraphie sans fil, par l'ingénieur W. SCHLOEMILCH. (*Elektrotechnische Zeitschrift,* p. 959, 19 novembre 1903).

Ce nouveau détecteur d'ondes, utilisé par la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, fut présenté dernièrement par l'auteur aux membres du Congrès international de télégraphie sans fil qui s'est tenu à Berlin.

Il est basé sur l'expérience suivante : Si un élément polarisable, voltamètre ordinaire à eau acidulée avec électrodes de platine ou d'or, est relié à une source de courant dont la force électromotrice est légèrement plus forte que la force contre-électromotrice de l'élément, de façon qu'un faible courant de décomposition traverse cet élément et provoque un léger dégagement de gaz aux électrodes, un ampèremètre, intercalé dans le circuit, accuse un accroissement de courant aussitôt que l'élément est soumis directement à l'influence des ondes électriques.

Partant de cette expérience, l'auteur a cherché à accroître l'effet observé en diminuant la surface des électrodes, et il obtint finalement de très bons résultats en donnant à l'électrode *positive* une surface excessivement petite. Les indicateurs que la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie construit actuellement sont pourvus d'électrodes qui ont un diamètre de $0^{mm},001$ et une longueur de $0^{mm},01$. L'électrode négative ne joue pas de rôle essentiel; sa forme et sa grandeur peuvent être prises à volonté.

La nature du phénomène, dont est le siège l'élément électrolytique, n'est pas encore bien connue, de même que les recherches et les mesures faites jusqu'alors n'ont pas encore décidé si le détecteur représente une capacité ou une résistance ohmique En tout cas, il est visible que les ondes électriques facilitent le dégagement des bulles de gaz aux électrodes, et, avec des ondes assez énergiques, l'effet est même suffisamment marqué pour qu'on puisse suivre directement, à l'élément lui-même, les impulsions successives constituant des signaux Morse. Si l'on change le signe des électrodes, de façon que l'électrode à petite surface devienne négative, l'action cesse presque complètement; la nature du gaz qui se dégage à cette électrode paraît jouer un rôle important.

Chaque élément doit être soumis à une tension critique particulière, déterminée directement; pour un dégagement de gaz trop faible ou trop abondant, la sensibilité aux ondes diminue considérablement.

Les propriétés importantes de ce détecteur sont les suivantes : réglage facile de la sensibilité de l'élément par le changement du courant de décomposition, constance, insensibilité aux ébranlements, faculté de réagir proportionnellement à l'intensité de l'onde et de ne jamais cesser subitement de fonctionner. Ces avantages le rendent très propre, associé avec un téléphone ou un galvanomètre, à devenir un instrument de mesure précieux pour déceler et étudier les actions des ondes électriques.

Une surexcitation du détecteur, se produisant par exemple pour une radiation trop intense entre deux stations mobiles qui se rapprochent, n'a pas ici le même inconvénient qu'avec les cohéreurs ordinaires; l'élément électrolytique répond seulement d'autant plus fortement que les impulsions reçues sont plus intenses; on n'a pas à craindre un phénomène analogue au collage des cohéreurs.

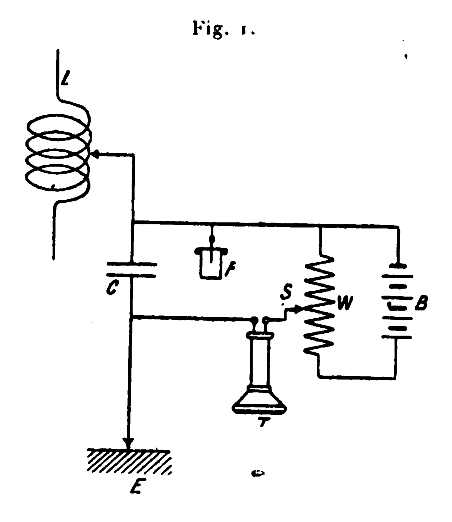
Un des grands avantages de cet élément est également qu'on peut, avec la même installation, recevoir simplement les signaux au téléphone, ou bien utiliser un relais et l'appareil Morse. Si, pendant une réception au Morse, le relais ou l'appareil enregistreur viennent à manquer, on peut, instantanément et sans autre installation, commuter le détecteur

sur un téléphone et ne pas interrompre la communication commencée.

L'accord du système récepteur peut se faire aussi bien avec l'élément électrolytique qu'avec les autres détecteurs; il n'y a cependant pas encore à ce sujet de montages définitifs; comme il a déjà été dit, on n'a pas encore reconnu nettement si l'élément agit comme capacité ou comme résistance ohmique. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont plutôt en faveur d'une résistance, et alors on pourrait croire que de ce fait on doit obtenir moins de netteté dans l'accord; il n'en est rien cependant si l'on a soin de mettre parallèlement à l'appareil une capacité dont on fait varier convenablement la valeur.

Une bonne disposition du circuit récepteur est

Fig. 1.



celle de la figure 1; mais de nombreux essais ont montré que d'autres montages sont possibles et peut-être même plus avantageux. B est une batterie de 4 éléments dont le circuit est fermé en permanence sur une résistance W; le courant nécessaire au fonctionnement de l'élément ne dépassant pas 1 milliampère, la quantité d'énergie dépensée est insignifiante; F est le détecteur, T un téléphone ou un relais, S un contact glissant, au moyen duquel on soumet l'élément à une tension déterminée, L est l'antenne avec quelques spires de self-induction, C une capacité variable montée parallèlement à l'élément.

Détecteur magnéto-élastique Sella, par C. CARPINI. (*L'Elettricista*, t. XIII, p. 17, 15 janvier 1904).

On connaît le parti que Marconi a su tirer de l'influence des ondes électriques sur l'hystérésis du fer. On peut obtenir un cycle d'hystérésis soit en faisant, comme Warburg et Ewing, varier le champ magnétisant, soit en faisant subir au fer une déformation élastique, comme l'a montré lord Kelvin (¹) en 1872. C'est sur le premier procédé qu'est fondé le détecteur magnétique de Marconi. L'étude du second procédé a été faite par A. Sella (²).

Un faisceau de fils de fer (0mm,33 de diamètre) recuits et vernis, soudés aux extrémités, est disposé verticalement dans une bobine à deux circuits indépendants. L'un des circuits, relié d'une part à la terre et d'autre part à une petite antenne, est destiné à recueillir les ondes électriques; l'autre circuit est relié à un téléphone. Le faisceau, préalablement aimanté, est tordu alternativement de part et d'autre ou alternativement étiré et abandonné. Il est alors très sensible aux ondes électriques qui traversent le premier enroulement. Ces ondes sont produites par un petit transformateur électrique Tesla dont le secondaire est relié à une antenne et à la terre. Le téléphone est très commode comme simple révélateur d'ondes.

Pour l'étude quantitative du phénomène, M. Sella a substitué au téléphone un magnétomètre à aiguille astatique dont l'aiguille inférieure est disposée vis-à-vis de l'extrémité supérieure du faisceau. Parallèlement au faisceau et disposé de l'autre côté du magnétomètre est placé à même hauteur et même distance un faisceau compensant. Le faisceau se trouve ainsi dans le champ terrestre vertical.

Le faisceau de fils de fer est *cyclisé* par des torsions répétées entre des limites fixes jusqu'à ce que le cycle magnétométrique se ferme parfaitement et se recouvre. L'appareil de torsion est ensuite maintenu dans une position déterminée, et l'on fait la lecture du magnétomètre. On lance l'onde dans l'enroulement en mettant ses extrémités en communication respectivement avec l'antenne et la terre (pendant que le générateur fonctionne toujours) et l'on fait une seconde lecture au bout de quelques instants, quand la déviation du magnétomètre est devenue constante. Isolant l'enroulement, on cyclise à nouveau en tordant le faisceau, toujours entre les mêmes limites, jusqu'à ce que l'on ait obtenu le cycle normal; on fixe l'appareil de torsion dans une position différente de la précédente et l'on fait une nouvelle expérience. Les valeurs ainsi obtenues après l'action de l'onde correspondent donc au moment magnétique atteint après le passage de l'onde, mais quand le point de départ est toujours un point du cycle normal (³).

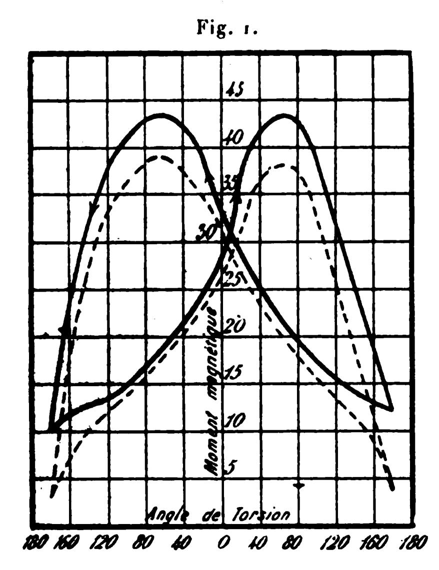
(¹) Lord Kelvin, *Phil. Trans.*, 1879, p. 72.

(²) A. Sella, *Rendiconti dei Lincei*, S.V, t. XII, 1er sem., p. 340; 2e sem., p. 182, 1903.

(³) Ce procédé est celui employé par Ascoli dans son étude sur l'effet des chocs mécaniques sur les cycles d'aimantation (*Il Nuovo Cimento*, t. III, p. 1, 1903).

La figure 1 représente par la courbe en trait plein le cycle d'aimantation normale donné déjà par Kelvin en 1878, les angles de torsion étant portés

Fig. 1.



en abscisses et les déviations magnétométriques en ordonnées. La courbe pointillée est déduite de l'action des ondes en chaque point du cycle normal. L'effet est donc une diminution de l'aimantation du faisceau et la sensibilité, comme pour le détecteur magnétique, est plus grande dans les parties les plus rapidement variables du cycle. La courbe est relative à l'action d'ondes énergiques; la longueur d'étincelle au secondaire du Tesla dépasse 5^{mm}. Le rapport de l'aire du cycle pointillé à celle du cycle normal est de $\frac{1}{3}$ environ.

Le diagramme se rapporte au cas où le primaire de la bobine est alimenté avec courant alternatif sans interrupteur. Si l'on emploie le courant donné par des accumulateurs et un interrupteur, on peut, si l'énergie de décharge est grande, changer le sens de l'effet des ondes, en échangeant au secondaire du Tesla l'antenne avec la terre. Ce changement de sens est encore plus net si l'on se sert d'une machine électrostatique avec condensateurs en faisant éclater les étincelles entre les armatures internes et reliant les armatures externes respectivement à l'antenne et à la terre. On observe alors que tant que les étincelles sont courtes, quelle que soit la polarité de l'antenne, l'effet des ondes est toujours une diminution; mais avec des étincelles longues, c'est-à-dire avec une grande énergie et des ondes très amorties, on peut obtenir en changeant la polarité de l'antenne, tantôt une augmentation, tantôt une diminution de l'aimantation.

Ces mêmes effets s'obtiennent avec le nickel.

Enfin, au lieu de faire passer les ondes par l'enroulement qui entoure le faisceau, on peut également les faire passer par le faisceau.

La sensibilité du détecteur magnéto-élastique est loin de pouvoir être comparée à celle du détecteur magnétique, mais l'étude de M. Sella n'en présente pas moins un réel intérêt scientifique [1].

G. GOISOT.

Sur la mesure des longueurs d'onde en télégraphie sans fil, par A. SLABY. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIV, p. 1007, 10 décembre 1903).

La longueur d'onde d'un transmetteur doit pouvoir être déterminée rapidement et sûrement. L'ins-

[1] Il nous a paru intéressant de résumer l'aperçu historique donné par M. Sella.

GEROSA (*Rendiconti dell'Istituto Lombardo*, 1891) a étudié l'influence de certaines actions électromagnétiques sur l'hystérésis. Un faisceau de fils de fer est soumis à un champ magnétique externe que l'on fait varier entre certaines limites. Le diagramme d'aimantation du faisceau est construit au moyen d'un magnétomètre. Le champ externe est engendré par un courant qui circule dans une bobine concentrique au faisceau et dont l'action sur le magnétomètre est compensée. Si, par le faisceau, on lance longitudinalement un courant continu interrompu ou alternatif, la courbe d'aimantation est fortement altérée, l'aire d'hystérésis est diminuée et peut être annulée. Le même phénomène a lieu si l'on envoie un courant alternatif dans une bobine coaxiale. Il a échappé à Gerosa que le courant alternatif secondaire pouvait, du moins pour les fréquences élevées, être extraordinairement petit tout en altérant encore d'une façon sensible le cycle d'hystérésis et c'est précisément sur ce fait qu'est basée la méthode la plus sensible pour déceler les ondes électriques.

RUTHERFORD (*Phil. Trans.*, 1897) a étudié l'aimantation des fils de fer ou d'acier par oscillations électriques à haute fréquence. Un fil ou un faisceau est aimanté à saturation, et l'on en détermine le moment au magnétomètre. Un système d'ondes électriques est lancé à travers une bobine coaxiale : le moment magnétique diminue. Cette méthode a depuis servi à l'étude des oscillations. Comme on le voit, le cas spécial traité par Rutherford est l'effet de l'onde en un seul point du cycle d'aimantation, c'est-à-dire avec champ extérieur nul. Il a mis en évidence la grande sensibilité de la méthode.

Dès 1897 Wilson (*Report of the British Ass. at Belfast*, 1902) a étudié le cas d'un faisceau de fils de fer ou d'acier soumis à une variation magnétique cyclique, par l'action d'une bobine parcourue par un courant lentement alternatif ou par la rotation d'un aimant permanent voisin. Le faisceau est entouré par une autre bobine dans laquelle on lance une impulsion électromagnétique ou des ondes hertziennes. Un dernier enroulement est relié à un balistique ou un téléphone. Wilson a observé dans ces conditions une brusque variation de l'aimantation chaque fois que, pendant la variation cyclique principale, on lançait dans le second enroulement une impulsion électromagnétique ou des ondes hertziennes. Il a constaté que la sensibilité est plus grande dans les parties les plus rapidement variables du cycle d'aimantation, où, comme l'on sait, l'aimantation est le plus sensible aux actions externes. La sensibilité est plus grande si le faisceau est déformé d'une façon permanente par torsion ou porté à température élevée. Wilson avait en quelque sorte construit le détecteur magnétique.

trument à employer pour cette mesure doit remplir les conditions suivantes :

1° Donner la longueur de l'onde qui se propage dans l'espace libre ;

2° Être facile à graduer et à étalonner ;

3° Être maniable et transportable ;

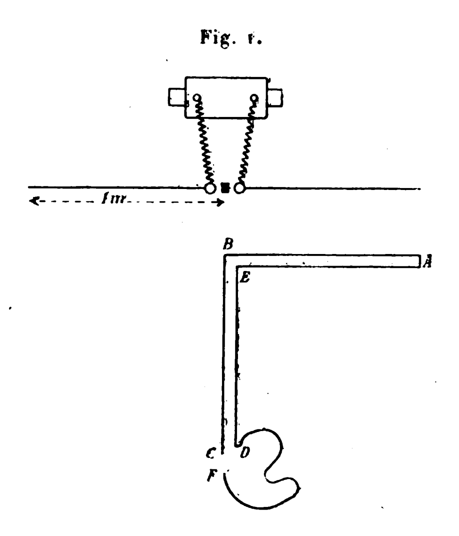
4° Fournir des résultats exacts à au moins 1 pour 100 près.

L'instrument décrit par le professeur Slaby répond à ces conditions, et son usage ne demande aucune connaissance spéciale.

Cet instrument est le *multiplicateur*, utilisé depuis longtemps déjà par M. Slaby qui lui a donné une forme et un genre d'enroulement appropriés au résultat à obtenir.

1. L'auteur rappelle en quelques mots le principe de ce multiplicateur. Un système vibratoire linéaire représenté en figure 1 produit des quarts de longueur d'onde de 1^m. Les vibrations sont transmises à un récepteur en boucle, coudé à angle droit, de longueur totale 4×1^m. L'exploration de la boucle avec le micromètre à étincelles montre que les courbes de tension sont les mêmes suivant ABC et AED ; en B et E sont des nœuds, en A, C et D des ventres de tensions. Les tensions en C et D sont égales et de même phase. Si l'on fixe en D un fil DF de 2^m de long, on obtient en F et C des tensions décalées de 180° ; entre F et C, on a une différence de tension presque double de la tension décelée précédemment en C ou en D par le micromètre. Lorsque, pour éviter la longueur incommode du fil DF, on enroule ce fil en bobine, il se produit à l'extrémité F un accroissement de tension considérable ; le fait est général : toutes les fois qu'on fixe à un ventre de tension d'un conducteur vibrant un

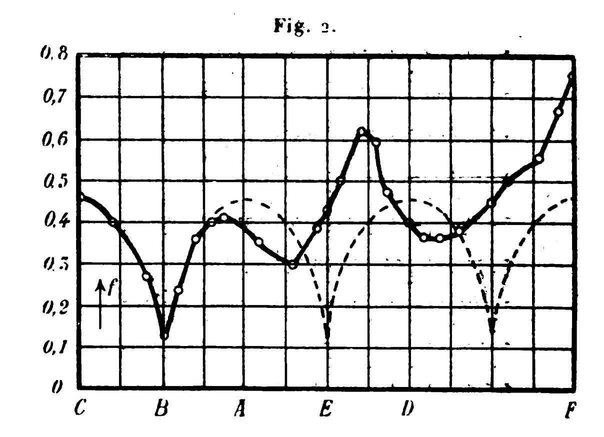
Fig. 1.



fil de longueur $\frac{\lambda}{2}$, la tension finale est fortement augmentée dès qu'on enroule ce fil supplémentaire en bobine. C'est pourquoi Slaby a donné aux enroulements de cette sorte le nom de *multiplicateur*.

Dans la figure 2, la courbe ponctuée représente la marche de la tension quand le prolongement DF est un fil tendu, la courbe en traits pleins, cette même tension quand le fil DF est en bobine. On voit que dans ce dernier cas, outre l'élévation de la tension finale, il se produit une distorsion de l'onde qui auparavant était très régulière. Le ventre de tension précédemment en D est repoussé vers E, de sorte que le commencement de la bobine n'est ni un nœud exact de tension, ni un nœud de courant. Enfin l'expérience montre que l'accroissement final de tension est le plus fort pour une longueur de fil bobiné bien déterminée et plus petite que $\frac{\lambda}{3}$. Par exemple, pour $\frac{\lambda}{2} = 2^m$, le maximum de tension avait lieu avec une longueur de fil en bobine de $1^m,75$.

Fig. 2.



L'auteur a vu immédiatement le parti qu'on pourrait tirer en télégraphie sans fil de cette multiplication de la tension pour renforcer les actions des ondes sur les récepteurs employés, et, en collaboration avec l'ingénieur Arco, il a pu réaliser de ce fait des progrès très sensibles dans la réception.

Le multiplicateur de Slaby est analogue, ainsi que le fait observer l'auteur lui-même, aux résonateurs précédemment employés dans d'autres buts par Oudin et Tesla.

2. Après avoir employé le multiplicateur pour améliorer la transmission et la réception, MM. Slaby et Arco songèrent à utiliser ses propriétés pour la mesure des longueurs d'onde. Mais le multiplicateur doit être construit et dimensionné très différemment, suivant qu'il est utilisé dans l'un ou l'autre but ; ses constantes doivent varier dans les deux cas, et c'est

ce que montre l'auteur dans des considérations préliminaires sur la résonance des bobines [1].

3. Il résulte de ces considérations que : L'énergie de la vibration propre est, pour une tension de charge donnée, d'autant plus grande que la capacité électrostatique du fil ou de l'enroulement est plus grande et sa self-induction plus petite.

On a donc avantage à réaliser la capacité de vibration voulue avec une grande capacité électrostatique lorsqu'on veut accroître la quantité d'énergie mise en jeu, ou, ce qui revient au même, lorsqu'on veut augmenter l'intensité des actions à distance. Par exemple, au lieu d'employer un seul fil pour la transmission, on emploiera dans ce but plusieurs fils parallèles ; le calcul montre que, dans ce cas, la capacité de vibration restant la même, et par suite la longueur d'onde, l'énergie vibratoire par seconde croît au contraire proportionnellement à $\sqrt{\frac{C}{L}}$ (avec plusieurs fils parallèles au lieu d'un seul, la capacité augmente et la self-induction diminue).

Un autre avantage de cette disposition pour les actions à distance consiste dans la diminution de l'amortissement dû aux rayonnements des masses électriques. Une plus grande capacité, prête à la réception de l'énergie disponible, empêche l'accroissement excessif de la tension superficielle aux extrémités des fils, et la résistance diélectrique de l'air peut être ainsi moins facilement surmontée. Les techniciens de la télégraphie sans fil doivent s'habituer à interpréter comme une perte tout rayonnement, visible dans l'obscurité, émis par les antennes de transmission.

4. Si maintenant, au lieu d'utiliser le conducteur vibrant électriquement pour une action énergique à distance, on veut simplement trouver un signe visible permettant de reconnaître si le conducteur est accordé sur la fréquence imprimée, les conditions à réaliser ne seront plus du tout les mêmes. La capacité de vibration devra être obtenue de telle façon qu'il se produise le rayonnement d'électrons le plus intense possible. Ce qui en télégraphie était une perte sensible, devient ici le but à atteindre.

L'auteur indique alors quelles sont les conditions à remplir par le multiplicateur si l'on veut s'en servir dans ce sens, comme instrument de mesure. Il étudie l'état vibratoire d'une bobine vibrant en résonance et en quarts d'onde, ayant un nœud au point mis à la terre et un ventre à l'extrémité libre, et trouve pour la tension de charge maxima V_0 à l'extrémité

$$V_0 = a\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Le rayonnement d'électrons qui dépend en première ligne de V_0 est donc d'autant plus intense que la self-induction de la bobine est plus grande et la capacité plus petite.

M. Slaby arrive à l'expression

$$\frac{L}{C} = 2\frac{p}{q}\pi\frac{d^2}{g^2}\log_n\frac{h}{r},$$

où p et q sont des facteurs de correction dépendant de la loi de distribution du courant qui peut ne pas être harmonique, de l'isolement du fil, du diamètre de la bobine, de la nature de la carcasse, etc. ; d désigne le diamètre, r le rayon, h la longueur de la bobine, g le pas de l'enroulement.

[1] Un fil mis à la terre, auquel on communique une charge oscillante de fréquence déterminée, est le siège de deux sortes de vibrations : l'une correspond à la fréquence de la charge, c'est la vibration *forcée*, l'autre est la vibration *propre* du fil.

Lorsque la période de la vibration imprimée d'une part, la self-induction et la capacité du fil de l'autre, satisfont à la relation

$$T = 2\pi\sqrt{CL},$$

il y a résonance entre les deux sortes de vibrations qui se réduisent à une seule, dont l'intensité devient maxima.

Dans le cas où la tension et le courant sont répartis régulièrement et suivent une loi harmonique, on a

$$vT = 4l = \lambda \quad \text{ou} \quad \frac{\lambda}{4} = l,$$

(l désignant la longueur du fil, λ la longueur d'onde, v la vitesse de la lumière), mais seulement dans l'hypothèse que la perturbation électrique le long du fil se propage avec la vitesse de la lumière.

Cette hypothèse n'est admissible que pour des fils nus, tendus rectilignement, et éloignés de masses conductrices. Dans le cas de fils quelconques entourés de masses métalliques, le rapport simple entre la longueur du fil et la longueur d'onde n'existe plus, mais, au moment de la résonance, la fréquence correspond toujours bien à la formule

$$T = 2\pi\sqrt{CL}.$$

Le produit CL a une influence déterminante sur l'établissement de la résonance, chacun de ses facteurs pouvant d'ailleurs prendre des valeurs bien différentes. M. Slaby désigne ce produit sous le nom de *capacité de vibration* du fil. On peut donc dire que tout conducteur ou tout enroulement mis à la terre, qui est excité électriquement avec une fréquence déterminée, vibre en résonance lorsque sa capacité de vibration satisfait à l'équation

$$T = 2\pi\sqrt{CL}.$$

La capacité de vibration restant la même, les capacités *électrostatiques* peuvent être très différentes ; en même temps qu'elles, varie l'énergie vibratoire transmise au fil.

On trouve que cette énergie transmise au fil par seconde, abstraction faite de l'amortissement, est égale à

$$A_s = \frac{E^2}{\pi}\sqrt{\frac{C}{L}},$$

où E est la valeur moyenne de la tension de charge.

On voit donc que, pour être utilisé avantageusement comme instrument de mesure, le multiplicateur doit être formé de fil très fin, ayant une couche très mince d'isolant, enroulé sur un noyau de faible diamètre. Il se présente ainsi sous forme d'un bâton long et mince; le noyau peut être une tige de verre, d'ébonite, de bois, de chêne, etc. L'auteur a obtenu de bons résultats en enroulant sur ces bâtons du fil de cuivre de $0^{mm},1$ isolé à la soie.

5. Si un tel multiplicateur vibre en quarts d'onde, M. Slaby arrive à la formule suivante pour calculer sa vibration propre

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{CL} = \gamma \frac{hd}{g\sqrt{\log_n \frac{2h}{d}}},$$

γ est un coefficient que de très nombreuses expériences permettent de considérer comme une constante pour un bâton déterminé. Cette constante est trouvée expérimentalement une fois pour toutes, et la graduation du bâton en longueur d'onde peut se déduire par le calcul (1).

6. Il faut naturellement que le multiplicateur, employé comme instrument de mesure, vibre en quarts d'onde, c'est-à-dire présente un nœud à l'une de ses extrémités et un ventre de tension à l'autre.

L'auteur a donc dû rechercher comment l'énergie vibratoire devait être transmise au bâton de mesure pour qu'il réalise le mieux possible cette condition. Il est évident tout d'abord qu'une jonction directe avec le circuit à mesurer est impossible; la figure 2 montre, en effet, que dans ce cas il se produit une distorsion de l'onde très prononcée et que le point de jonction n'est pas un nœud en général. De plus la capacité de vibration du multiplicateur est influencée fortement par le voisinage du circuit vibratoire. Le bâton de multiplication doit toujours se trouver à une distance du circuit suffisante pour qu'aucune réaction ne s'exerce entre eux (2).

7. Pour l'étalonnage des instruments, on eut à surmonter au début d'assez grandes difficultés. Le calcul des fréquences des circuits vibrants, avec capacités intercalées, conduit souvent en effet à de fortes inexactitudes, attendu que les capacités sont influencées par la fréquence, et que les coefficiênts de self-induction également ne sont pas déterminés avec une précision suffisante. Ces coefficients varient

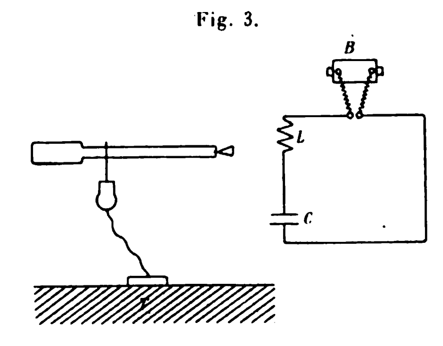
(1) Voici par exemple les caractéristiques de quelques bâtons :

	d.	Nombre total de spires : n.	Pas moyen : g.	Valeur moyenne de γ.
	cm		cm	
A_v, tube de verre..	1,114	5406	0,0179	2,190
B_v, » ..	2,222	5114	0,0194	2,324
A_e, bâton d'ébonite.	1,006	4954	0,0198	2,258
C_c, bois de chêne.	4,033	4996	0,01972	2,574

(2) M. Slaby trouva d'abord un premier moyen de tourner les difficultés en reliant par une de leurs extrémités deux bâtons semblables, et en les faisant vibrer en une ½ onde; il se formait ainsi un nœud dans le fil de liaison. Il a établi une série de tels instruments pour lesquels les bobines sont placées dans une caisse, parallèlement, l'une à côté de l'autre, et sont réunies par un pont avec contacts glissants qu'on déplace en mettant les spires inférieures en court-circuit jusqu'à illumination ou jaillissement d'étincelles à la partie supérieure. Les instruments ainsi conditionnés vérifièrent complètement les prévisions; mais ils montrèrent en même temps un phénomène particulier qui mit l'auteur sur une autre voie. Il devint évident que, pour avoir les meilleurs résultats, ces instruments ne devaient pas être placés, comme on aurait pu le supposer, dans le voisinage d'un ventre de courant du circuit à mesurer, mais, au contraire, à un ventre de tension. Pour une excitation inductive suffisante, les fils de liaison étaient évidemment trop courts. Une simple action de condensateur parut devoir être exclue, car les meilleurs résultats furent obtenus vis-à-vis de pointes rayonnantes. Ces circonstances portèrent l'auteur à ramener tout le phénomène à un rayonnement d'électrons. Comme le montrèrent les expériences de décharge à l'électroscope, tout l'espace environnant se trouvait fortement ionisé, aussitôt qu'un circuit vibrant était mis en activité.

La mise à la terre d'une extrémité était dans le laboratoire très facilement exécutable, car le sol y est recouvert de zinc dans toute son étendue et représente une terre artificielle de capacité suffisante (9000^{cm}). Mais on trouva bientôt que la capacité du corps humain (environ 100^{cm}) suffirait parfaitement pour appliquer au contact du multiplicateur un potentiel nul. Si l'on tient de la main gauche la monture métallique dans laquelle se termine à une extrémité le multiplicateur, et qu'on fasse glisser le pouce et l'index de la main droite le long du bâton, l'extrémité libre s'illumine à une position déterminée de la main droite. De même qu'un ressort en acier fortement serré dans un étau est mis en vibrations propres très vives par un choc à l'extrémité libre, de même le bâton de multiplication montre le jaillissement d'étincelles le plus intense quand on tourne son extrémité libre vers le circuit vibrant. Les positions les plus favorables sont celles où se développent les tensions superficielles les plus fortes, entre le condensateur C et la bobine B (*fig.* 3). Les résultats obtenus sont plus nets si, au

Fig. 3.



lieu de faire glisser la main le long du bâton, on promène dessus une courte tige métallique épaisse de 2^{mm}, mise à la terre au moyen d'un cordonnet relié à une assiette métallique posée sur le sol (*fig.* 3).

Une mesure précise ne peut se faire qu'à une certaine dis-

sous l'influence des masses métalliques voisines qui existent presque toujours dans les espaces fermés. En outre, l'emploi projeté de l'instrument de mesure demandait un étalonnage direct pour les longueurs d'onde se rapportant à la propagation dans l'espace libre.

L'étalonnage fut exécuté finalement à l'air libre, le long de fils tendus à 2^m au-dessus de la terre, excités au milieu par une étincelle. La mise au point des bâtons de résonance fut faite dans l'obscurité et à une distance telle des fils que toute action de capacité était exclue.

Les mesures, recommencées de très nombreuses fois pour chaque bâton, donnèrent toujours des résultats parfaitement concordants.

8. Pour des applications pratiques, M. Slaby fait usage de trois bâtons de multiplication, de portées différentes, réunis dans un étui facilement transportable.

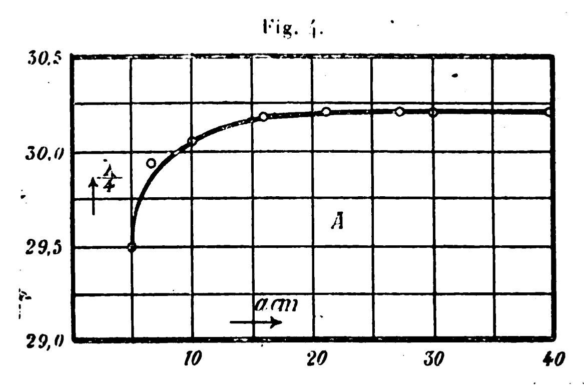
Désignation des bâtons.	Diamètre en centimètres.	Longueur en centimètres.	Portées pour $\frac{\lambda}{4}$ en mètres.
A.......	1 environ	80 environ	25 à 50
B.......	2 »	80 »	50 à 100
C.......	4 »	80 »	100 à 200

Pour la mesure de plus grandes longueurs d'onde, il est facile d'ajouter un quatrième bâton d'un diamètre un peu plus grand, qui permet de mesurer jusqu'à $\frac{\lambda}{4} = 300^m$. Les bâtons sont enroulés avec du fil de cuivre de $0^{mm},1$, isolé à la soie; l'enroulement a un pas moyen de $0^{mm},2$. Pour les recherches de laboratoire, l'auteur emploie des bâtons de 1^{cm} de diamètre et 40^{cm} de longueur, permettant de mesurer des longueurs $\frac{\lambda}{4}$ de 5^m à 25^m.

Tout récemment, l'auteur a pu réduire de moitié la longueur de ses bâtons, pour une même portée, grâce à l'emploi d'un isolant spécial déposé sur le fil en une couche excessivement mince. Des bâtons avec fil isolé à la soie, en service presque journalier depuis un an, ne sont aucunement détériorés.

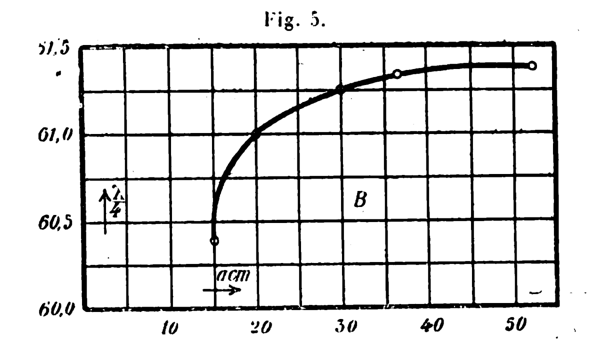
Il a déjà été dit que les mesures doivent être faites à une certaine distance du circuit vibrant. C'est ce qui ressort clairement des observations suivantes : Les bâtons furent installés horizontalement

Fig. 4.



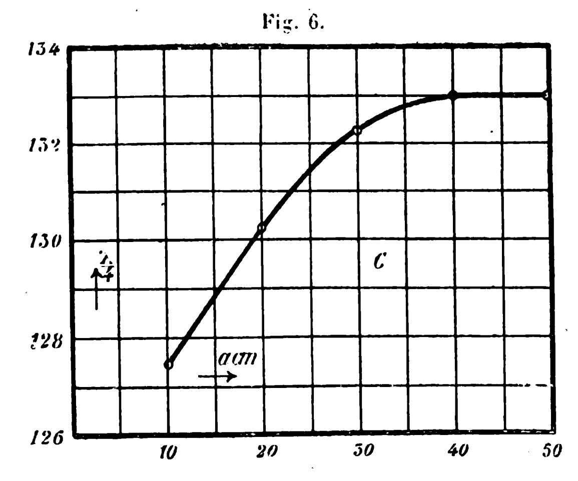
à des distances variables *a* d'une pointe rayonnante portée par le circuit. Dans les figures 4, 5 et 6,

Fig. 5.



les quarts de longueur d'onde observés sont portés en fonction de la distance; on voit que, pour les

Fig. 6.



bâtons A, B et C, les distances de mesure doivent être respectivement au moins 20^{cm}, 35^{cm} et 40^{cm}. Le

tance du circuit vibrant; mais si l'on s'éloigne, les étincelles deviennent très faibles, et à cause de leur couleur bleu violet, on peut à peine les distinguer à la lumière du jour. C'est pourquoi on s'efforce d'obtenir un renforcement et une coloration plus claire. De petites ampoules à vide à l'extrémité du bâton donnent, même pour un faible rayonnement, une lueur bien perceptible dans l'obscurité. Mais les meilleurs résultats furent obtenus quand l'auteur fit agir le rayonnement violet sur une matière fluorescente. L'intensité lumineuse extraordinaire que provoque par exemple ce rayonnement sur du platinocyanure de baryum engagea M. Slaby à disposer sous les extrémités de petites feuilles couvertes de cristaux de ce sel, et il obtint ainsi, à l'établissement de la résonance, un point lumineux très intense, vert clair, qui reste visible même à la lumière directe du soleil.

bâton C donne par exemple à 20^{cm} de distance $\frac{\lambda}{4} = 130^{m},2$ au lieu de 133^{m}, c'est-à-dire une longueur trop faible de 2,2 pour 100.

Il ressort également de là que toutes les méthodes de mesure dans lesquelles les bobines de multiplication sont employées au voisinage immédiat du circuit ou en liaison directe avec lui, sont toujours entachées d'erreurs plus ou moins importantes.

Pour se rendre compte de l'exactitude avec laquelle on peut prétendre dans la mise au point des appareils, M. Slaby a fait mesurer plusieurs fois la même longueur d'onde par deux observateurs différents. Avec une seule mise au point, la différence des résultats fut très rarement supérieure à 1 pour 100, dans la plupart des cas elle était de 0,4 à 0,7 pour 100. En prenant les valeurs moyennes de deux déterminations successives, les résultats obtenus par les deux observateurs diffèrent de moins de 2,5 pour 1000.

M. Slaby espère avoir réalisé ainsi des instruments très pratiques et précis en même temps, permettant de contrôler fréquemment et rapidement l'accord des stations de télégraphie sans fil. J. R.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : Adams-Randall, USAP. 752923, 6 sept. 1902. — Armstrong et Orling, BP. 2053 et 2053 *a*, 1903 (relais électrocapillaires). — Bachner. DRP. 150830, 8 août 1902 (récepteur). — Delany Foreign Cy. DRP. 150122, 11 fév. 1903 (tél. automatique). — Elec. Bogenlampen und Apparate Fabrik. DRP. 150497, 13 août 1903 (relais). — Hartmann et Braun. DRP. 149821, 2 août 1903 (relais). — Hogan. DRP. 15149, 7 nov. 1902 (tél. multiplex). — Siemens et Halske. BF. 338361, 23 décembre 1903 (perforateur pour rubans de transmetteurs); DRP. 151349, 6 mars 1903, (enregistreur télégraphique).

Télégraphie sans fil : Allgemeine Elektricitaets Ges. DRP. 150349, 13 mars 1903 (récepteur d'ondes). — Clarck Wireless Telegraph, Telephone Cy. BP. 21653, 1903; BF, 336816, 12 oct. 1903 (cohéreur). — Ducretet. BF. 337451, 7 déc. 1903 (perfect. aux détecteurs). — Fessenden. DRP. 149920, 12 août 1902 (récepteur); USAP. 752895, 14 mars 1903 (système de signaux par ondes). — Peters. BF. 337667, 3 déc. 1903 (perfectionnement dans la télégraphie dans l'espace).

Téléphonie : Arendt. BF. 336957, 24 oct. 1903 (couplage pour téléphone multiple). — Barton. DRP. 151348, 27 nov. 1901 (microphone). — Briggs. USAP. 752649, 15 sept. 1902 (attache téléphonique). — Carliss. USAP. 752613, 25 mai 1901 (relais). — Chauvassaignes. BF, 337752, 15 déc. 1903 (cabine sourde). — Childress et Sauls. BP. 26255, 1903 (téléphone). — Conil. DRP. 150803, 6 juin 1903 (désinfectant pour téléphone). — De Horvath et Benedict. BF. 338161, 29 déc. 1903 (microphone). — Dommerque. DRP. 150207 et 150283, 1er avril et 3 janv. 1903 (téléphone); DRP. 151467, 29 mars 1903 (microphone); BF. 338278, 27 nov. 1903 (système de lignes privées). — Eichwede. DRP. 18 sept. 1902 (commutateur). — Furst. BF, 337643, 13 oct. 1903 (compteur téléphonique). — Furst et Kragl, DRP. 151466, 4 fév. 1903 (compteur de durée de conversation). — Germain. USAP. 753062, 7 oct 1899 (microphone). — Hamilton. USAP. 753067, 10 fév. 1903 (système téléphonique). — Hutchison Acoustic Cy. BP. 2713, 1903 (téléphone). — Larned. USAP. 751081, 3 déc. 1903 (appareil). — Lee. USAP. 752909, 11 janvier 1900 (annonciateur). — Mc Kinsey et Nelson. BF. 336949, 5 oct. 1903 (système téléphonique automatique). — Miner. BF. 338281, 1er déc. 1903 (téléphone multiple). — Mix et Genest. A.-G. DRP. 150852, 13 mai 1903 (commutateur). — Norstrom et Brownrigg. USAP. 752251, 28 juin 1901 (système automatique). — Pape. USAP. 752795 et 752921, 21 oct. et 13 sept. 1902 (récepteur). — Picard. DRP. 150619, 19 déc. 1902 (récepteur). — Pupin. DRP. 150854, 31 juil. 1903 (téléphone). — Raff. BF. 337652, 4 nov. 1903 (postes secondaires branchés sur un même fil). — Redmon. USAP. 752710, 17 sept 1903 (dispositif pour synchroniser les appareils de systèmes téléphoniques). — Runge. DRP. 150286, 31 juil. 1902 (téléphone). — Rykert et Cruickshank. BF. 338150, 28 déc. 1903 (embouchures de transmetteurs). — Setter. USAP. 752184, 8 mai 1902 (crochets pour transmetteurs). — Siemens et Halske. DRP, 150989, 10 mai 1903 (téléphone). — Société de matériel téléphonique (G. Aboilard et Cie). BF. 18 mars 1903 (intercommunications téléphoniques). — Société industrielle des Téléphones. BF. 338252, 19 oct. 1903 (annonciateur). — Speyer. DRP. 151465, 9 janv. 1903 (téléphone); BF. 337981, 23 déc. 1903 (appareil de contrôle pour porte). — Stock et Co. DRP. 151505 à 151508, 20 fév., 16 avril, 24 mai et 6 août 1903 (téléphone et commutateur). — Telephon-Apparat-Fabrik Petsch Zwietusch et Cie. DRP. 150314, 11 janv. 1902 (téléphone). — Tubbs, Smith et Bartley. DRP. 150539, 20 oct. 1903; BF. 337646, 20 oct. 1903 (appareil de désinfection pour téléphones). — Wagenen. DRP. 151148, 20 août 1901 (téléphone automatique). — Watkins. USAP. 753183, 29 août 1902 (téléphone). — Wilson. DRP. 150338. 14 juin 1903 (installations téléphoniques).

Divers : Carius Bachner. DRP. 151147, 23 oct. 1903 (transmission des dessins en relief). — Meunier. BF. 338391, 26 sept. 1903 (vision à distance). — Reed. BP. 18841, 1903 (communications électriques). — Rossman. BF. 337045, 25 sept. 1903 (télautographe reproduisant les dessins).

ÉCLAIRAGE.

Une lampe à arc de mercure en verre de quartz,

par MAX BODENSTEIN. (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. X, p. 123, 19 février 1904).

Le Dr Küch a présenté récemment, à l'Institut physique de Leipzig, une lampe à arc de mercure qui est fabriquée en verre de quartz de la maison W.-C. Heraeus de Hanau. Cette lampe consiste en un tube ayant la forme d'un H; sa partie moyenne légèrement courbée a environ 17^{cm} de longueur et 1^{cm} de diamètre. Comme conducteurs amenant le courant, on se sert de fils en iridium qui se laissent souder sans que le verre éclate par refroidissement et sans que le mercure qui remplit extérieurement la partie effilée du tube puisse pénétrer par le canal capillaire produit par l'iridium lors du refroidissement.

Le fonctionnement s'opère de la façon suivante : un tube relié à une branche verticale du tube en H est rempli de mercure que l'on chauffe électriquement. Le mercure s'évapore et sa vapeur comprime

le mercure liquide qui s'écoule alors par le tube horizontal jusqu'à production d'un court-circuit avec le mercure qui se trouve dans l'autre branche verticale.

A ce moment, un dispositif ingénieux vient couper le courant d'échauffement et la vapeur de mercure se condensant aspire le mercure liquide. L'arc s'amorce alors tranquillement par le tube horizontal entre les pôles des branches verticales qui ne cèdent leur excès de chaleur à l'air environnant que par des joues en cuivre.

Le modèle présenté absorbait 2 ampères sous 100 volts et paraissait donner le même éclairement qu'une lampe à arc de charbon de 20 ampères et 50 volts. Malgré sa couleur verdâtre, cette lumière était extrêmement riche en rayons ultra-violets; cette propriété était mise en évidence par la décharge de l'électroscope, la phosphorescence des écrans en sulfure de zinc, etc. Au début du fonctionnement de la lampe on percevait une odeur très intense d'ozone; celle-ci s'atténuait ensuite peu à peu et disparaissait bientôt lorsque le tube s'était échauffé, la chaleur décomposant l'ozone au voisinage du tube. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage par arc. — *Lampes :* BREMER. DRP. 150327, 150387, 151509, 7 déc. 1901, 7 août 1902, 16 juin 1903. — CARBONE, DRP. 150736 et 150832, 18 déc. 1902 et 14 mars 1903. — CIRIÉ et Cie. BF. 337959, 22 déc. 1903. — COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ. BF. 337926 et 337927, 22 déc. 1903 (lampes à arc à électrodes de seconde classe et à électrodes d'osmium). — EMONDS. BF. 336936, 25 nov. 1903 (dans l'air raréfié). — EWART. BP. 5646, 1903. — HAMILTON ADAMS. BP. 5873. 1903. — HULSART et ADAMS. BF. 336684, 13 oct. 1903. — JEANNOT et BERMUDEZ. BP. 21466, 1903. — KORTING et MATHIESEN. DRP. 150761, 26 oct. 1902 (mise hors circuit automatique). — MAXIM. BP. 12101, 1903. — NEW CENTURY ARC LIGHT Co. DRP. 151203, 18 fév. 1903. — RATHBONE et SMITH. BP. 5572, 1903. — RIDINGS. BF. 336643 et 336994, 10 nov. 1903. — ROSEMEYER. DRP. 150123, 30 sept. 1903. — SIRIUS. DRP. 149898, 3 juin 1903 (guidages des charbons). — SOMMERVILLE. BF. 338243, 16 déc. 1903. — WINGS. DRP, 151202, 4 fév. 1903 (lampes en vase clos). — ZENNER. BF. 337473, 11 nov. 1903.

Charbons : BLONDEL. BF. 338049, 20 oct. 1903 (charbons minéralisés). — EDELMANN, BP. 7783, 1903. — HARDTMUTH. BF. 336748, 17 nov. 1903 (charbons à mèche). — KORTING et MATHIESEN. DRP. 150956, 1er nov. 1903 (charbon à mèche).

Éclairage par incandescence. — *Lampes à filaments :* BAKELEY et SCHRAGE. BF. 337916 et 337917, 21 déc. 1903 (culot et douille). — HOGAN, BP. 3603, 1903. — KAMM. BF. 338125, 26 déc. 1903. — KRAUS. BF. 337862, 19 déc. 1903 (lampe de poche). — LAYBOURN, BP. 2512, 1903. — O'CONNELL. BP. 6735, 1903. — REGNART. BF. 337621, 12 déc. 1903. — REMANE. DRP. 150663, 2 août 1901. — SCHRODER. BP. 8025, 1903. — SCHWAB. BF. 337518, 6 déc. 1903. — SIEMENS et HALSKE. BF. 338362, 23 déc. 1903 (lampe à filament métallique). — SWEETSER. BP. 2696, 1903.

Lampes à vapeurs : COOPER HEWITT. BF. 337840, 18 déc. 1903. — GEBRUDER, SIEMENS et Co. DRP. 149897, 16 nov. 1902. — MOORE. DRP. 150095, 5 juin 1902. — WEINTRAUB. BF. 336894 et 336922, 23 et 24 nov. 1903.

Divers : COMPAGNIE CONTINENTALE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS. BP. 6282, 1903 (extincteur automatique). — FRENOT. BF. 337659, 14 nov. 1903 (nouveau dispositif d'éclairage). — HENRY. USAP. 752839, 23 sept. 1901 (éclairage de trains). — HENRY et ELLIOTT. DRP. 151151, 31 déc. 1901 (éclairage de trains). — POLACK. DRP. 150328, 29 mai 1903 (éclairage à l'incandescence). — SARAT. BF. 338237, 15 déc. 1903 (distributeur automatique d'éclairage). — SIEMENS et HALSKE. BF. 337608, 12 déc. 1903 (corps à incandescence). — SPERRYN et WOOD. BP. 3509, 1903) support de lampes).

ÉLECTROCHIMIE.

Sur la peroxydation électrolytique du plomb métallique, par FRANZ PETERS. (*Centralblatt für Accumulatoren-Elementen-und Accumobilenkunde*, t. IV, p. 273, 1er décembre 1903).

L'auteur a continué ses recherches [1] en essayant différents bains d'électrolyse. Rappelons ici que les éléments de formation renferment 3 plaques de $6^{cm} \times 12^{cm}$, celle du milieu étant positive. La surface totale active positive atteint donc 144^{cm^2}, soit en chiffres ronds, $1^{dm^2},5$.

20. *Bisulfate de potassium et nitrate de potassium.* — L'électrolyte renfermait pour 1^l d'eau $24^g,5$ de bisulfate de potassium et $0^g,4$ de nitrate de potassium. Les plaques positives devenaient rapidement noirâtres, le dégagement d'oxygène était très faible, sauf pendant les 10 premières minutes. A la fin de la peroxydation, la matière active s'effeuillait et une partie tombait. Comme quantité de peroxyde formé, l'analyse indiquait $29^g,080$ après charge de 30,017 ampères-heure pour un élément (a) et $30^g,7427$ après charge de 28,205 ampères-heure pour un autre élément (b). Ces valeurs correspondent respectivement à $96^g,89$ et $108^g,9975$ PbO^2 pour 100 ampères-heure. L'élément a était chargé à 0,65 ampère pendant 46 heures, et b à 0,4 ampère pendant 70,5 heures.

21. *Bisulfate de potassium et chlorate de potassium.* — Paul Schoop [2] a déjà proposé ce mélange. L'auteur prend une solution renfermant par litre d'eau $24^g,5$ de bisulfate de potassium et $0^g,4$ de chlorate de potassium. La matière active, qui se formait rapidement, tombait peu à peu en écailles; un vif dégagement d'oxygène avait lieu sur les plaques. L'analyse indiquait une quantité de $51^g,7356$ de PbO^2 formé après passage de 28,205 ampères-heure; soit, $183^g,4292$ pour 100 ampères-heure.

Un mélange de bisulfate et de chlorate de potassium constituerait donc un bon électrolyte de for-

(1) *L'Eclairage électrique*, t. XXXII, p. 475, 27 septembre 1902; t. XXXIII, p. 234, 15 novembre 1902.

(2) Brevet anglais 7513, du 14 mai 1900.

mation si l'on parvenait à éviter ou à réduire la chute de la matière active.

22. *Bisulfate de potassium et borax.* — Dans 1 l d'eau, on fait dissoudre 15g de bisulfate de potassium et 16g de borax. Pendant la charge il se produit un abondant dégagement d'oxygène et il ne se forme que 0g,0157 PbO^2 après passage de 30,017 ampères-heure [élément (*a*) chargeant à 0,65 ampère] et 0g,0458 PbO^2 après passage de 28,205 ampères-heure [élément (*b*) chargeant à 0,4 ampère], ces valeurs correspondant respectivement à 0g,0522 et 0g,1623 PbO^2 pour 100 ampères-heure. L'addition du borax est donc sans action pratique sur la peroxydation du plomb.

23. *Chlorate de potassium et alun.* — On prenait ici une solution acide de densité 1,012 renfermant, par litre, 4g de chlorate de potassium et 25g d'alun. On chargeait à 0,6-0,625 ampère. Le dégagement d'oxygène était faible. Dès les premières heures, des flocons blancs se formaient sur la positive et se détachaient, venant se mélanger au fond avec le plomb spongieux des négatives. La couche de matière de la positive ne montrait d'ailleurs que des traces de coloration brune.

24. *Chlorate de potassium, acétate de sodium et acide acétique.* — Avec une solution renfermant par litre d'eau 4g de chlorate de potassium, 50g d'acétate de sodium et 50g d'acide acétique de densité 1,075, il se formait déjà après 15 à 30 minutes de charge à 0,6 ampère, une quantité de plomb spongieux si abondante qu'il était impossible d'éviter les courts-circuits.

25. *Perchlorate de potassium, acétate de sodium et acide acétique.* — On constatait les mêmes inconvénients que dans le cas précédent.

26. *Phosphate de sodium et bisulfate de sodium.* — Par litre d'eau, on dissolvait 22g,5 de phosphate de sodium et 12g,5 de bisulfate de sodium. L'oxygène dégageait abondamment. Après 47,5 heures de charge à 0,6 ampère, la couche de peroxyde formé était trop faible pour être dosée.

27. *Sulfite de sodium.* — Deux solutions étaient essayées : l'une (*a*) renfermait 10g et l'autre (*b*) 20g de monosulfite de sodium par litre. La plaque à peroxyder était chargée à 0,6 ampère pendant 48 heures. Immédiatement après fermeture du circuit, les plaques prenaient une teinte foncée; le dégagement gazeux était abondant pendant toute l'électrolyse. Après l'opération, les plaques étaient peu attaquées et il ne restait plus trace d'acide sulfureux dans l'électrolyte. L'analyse indiquait une quantité de peroxyde formé égale à 0g,4366 (*a*) et 0g,3667 (*b*) pour une charge de 27,319 ampères-heure. Ces valeurs correspondent à 1g,5983 (*a*) et 1g,3423 (*b*) de peroxyde pour 100 ampères-heure.

28. *Bisulfite de sodium.* — On dissolvait 10g de bisulfite de sodium dans 1 l d'eau. Sur la plaque de plomb chargée comme anode à 0,6 ampère, le dégagement d'oxygène était plus faible que dans l'essai précédent. On constatait qu'une matière blanche avec quelques parties sombres (probablement PbS) se déposait au fond du bac. Cette matière, traitée par l'acide nitrique bouillant, mélangé d'acide oxalique, laissait un résidu important de soufre. Après dissolution de la couche de peroxyde, la plaque de plomb apparaissait assez unie avec seulement quelques points plus profondément attaqués. L'analyse indiquait une quantité de 2g,8117 de peroxyde après charge de 27,319 ampères-heure, soit 10g,2919 pour 100 ampères-heure.

29. *Sulfite de sodium et acétate d'ammonium.* — L'électrolyte était constitué par une solution de 10g de sulfite de sodium et 4g d'acétate d'ammonium dans 1 l d'eau. On chargeait pendant 48 heures à 0,62 ampère en moyenne. Un faible dégagement d'oxygène se produisait à l'anode sur laquelle se formait très rapidement une épaisse couche blanche qui tombait peu à peu et provoquait des courts-circuits. Cinq heures après le commencement de l'essai, la plaque positive avait pris une teinte foncée. Une quantité assez importante de plomb spongieux se produisait. A la fin de la charge, l'anode présentait des bandes brunes épaisses recouvertes de parties blanches. La couche entière se laissait d'ailleurs facilement enlever avec une baguette de verre.

D'après l'analyse, on constatait qu'une quantité de peroxyde de plomb égale à 2g,03 s'était formée. Ce nombre ne correspond pas à la quantité d'électricité chargée, à cause des courts-circuits intérieurs constatés pendant l'opération. L. J.

MESURES.

Influence de la forme de la courbe sur le facteur de puissance déterminé par la méthode des deux wattmètres, par L. BLOCH. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIV, p. 993).

L'auteur reprend, sous une autre forme, une question déjà traitée par A. Dina [1], à savoir : dans un système triphasé symétrique à courbes de tension et d'intensité quelconques, quelles relations existent entre les facteurs de puissance déterminés :

1° Par la formule de la tangente (méthode des deux wattmètres);

2° En prenant le déphasage entre la tension et le courant de l'onde principale sur une des phases;

---

(1) A. Dina, *Sur le facteur de puissance des moteurs triphasés dans le cas d'une courbe de tension de forme quelconque.* (*Écl. élec.*, t. XXXV, p. 421, 13 juin 1903).

3° En prenant le quotient

$$\frac{\text{Puissance effective}}{\text{Puissance apparente}} = \frac{\text{W}}{\text{KV-A}},$$

qui définit le facteur de puissance vrai.

Si nous désignons par φ', φ_1 et φ les angles correspondants, l'auteur arrive aux inégalités suivantes :

$$\cos\varphi' > \cos\varphi_1 > \cos\varphi.$$

Représentons par e_{I}, e_{II}, e_{III}, i_{I}, i_{II}, i_{III} les valeurs instantanées des tensions étoilées et des courants, on sait que la méthode des deux vattmètres consiste à calculer

$$W_1 = \frac{1}{T}\int_0^T (e_{\text{I}} - e_{\text{III}})\, i_{\text{I}}\, dt,$$

$$W_2 = \frac{1}{T}\int_0^T (e_{\text{II}} - e_{\text{III}})\, i_{\text{II}}\, dt,$$

et que, d'autre part, dans les différences $e_{\text{I}} - e_{\text{III}}$, $e_{\text{II}} - e_{\text{III}}$, c'est-à-dire dans les tensions instantanées composées, les harmoniques d'ordre 3 et multiples de 3 disparaissent. On a donc, tous calculs faits,

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} W_1 &= \underbrace{\sqrt{3}\,\mathcal{E}_{p,1}\mathcal{I}_1\cos(\varphi_1 - 30^\circ)}_{\varpi_{\text{I},1}} + \underbrace{\sqrt{3}\,\mathcal{E}_{p,5}\mathcal{I}_5\cos(\varphi_1 + 30^\circ)}_{\varpi_{\text{I},5}} + \ldots,\\ W_2 &= \underbrace{\sqrt{3}\,\mathcal{E}_{p,1}\mathcal{I}_1\cos(\varphi_1 + 30^\circ)}_{\varpi_{\text{II},1}} + \underbrace{\sqrt{3}\,\mathcal{E}_{p,5}\mathcal{I}_5\cos(\varphi_1 - 30^\circ)}_{\varpi_{\text{II},5}} + \ldots\end{aligned}\right.$$

où les $\mathcal{E}_p$ et les $\mathcal{I}$ représentent respectivement les tensions étoilées efficaces et les intensités efficaces, l'indice indiquant l'ordre de l'harmonique [1]. En limitant le développement aux deux premiers termes, c'est-à-dire à l'onde fondamentale et au cinquième harmonique, on déduit des deux formules ci-dessus :

$$\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{II},1} = 3\,\mathcal{E}_{p,1}\mathcal{I}_1\cos\varphi_1,$$

$$\varpi_{\text{I},1} - \varpi_{\text{II},1} = \sqrt{3}\,\mathcal{E}_{p,1}\mathcal{I}_1\sin\varphi_1;$$

$$\tang\varphi_1 = \frac{\varpi_{\text{I},1} - \varpi_{\text{II},1}}{\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{II},1}}\sqrt{3};$$

$$\varpi_{\text{I},5} + \varpi_{\text{II},5} = 3\,\mathcal{E}_{p,5}\mathcal{I}_5\cos\varphi_5,$$

$$\varpi_{\text{I},5} - \varpi_{\text{II},5} = -\sqrt{3}\,\mathcal{E}_{p,5}\mathcal{I}_5\sin\varphi_5;$$

$$\tang\varphi_5 = -\frac{\varpi_{\text{I},5} - \varpi_{\text{II},5}}{\varpi_{\text{I},5} + \varpi_{\text{II},5}}\sqrt{3}.$$

Par la mesure de la puissance au wattmètre, on obtient W_1 et W_2 et l'on calcule un facteur de puissance apparent $\cos\varphi'$, où l'angle φ' est donné par la relation

$$\tang\varphi' = \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\sqrt{3}.$$

Cette relation contient $\tang\varphi_1$ et $\tang\varphi_5$; remplaçons, en effet, W_1 et W_2 par leurs valeurs, il vient :

$$\begin{aligned}\tang\varphi' &= \sqrt{3}\,\frac{\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{I},5} - \varpi_{\text{II},1} - \varpi_{\text{II},5}}{\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{I},5} + \varpi_{\text{II},5} + \varpi_{\text{II},5}}\\ &= \sqrt{3}\,\frac{\varpi_{\text{I},1} - \varpi_{\text{II},1} + \varpi_{\text{I},5} - \varpi_{\text{II},5}}{\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{II},1} + \varpi_{\text{I},5} + \varpi_{\text{II},5}}\\ &= \frac{\sqrt{3}\,\dfrac{\varpi_{\text{I},1} - \varpi_{\text{II},1}}{\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{II},1}} + \sqrt{3}\,\dfrac{\varpi_{\text{I},5} - \varpi_{\text{II},5}}{\varpi_{\text{I},5} - \varpi_{\text{II},5}}\,\dfrac{\varpi_{\text{I},5} + \varpi_{\text{II},5}}{\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{II},5}}}{1 + \dfrac{\varpi_{\text{I},5} + \varpi_{\text{II},5}}{\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{II},1}}}.\end{aligned}$$

Pour abréger, posons

$$\varpi_{\text{I},1} + \varpi_{\text{II},1} = P_1,$$

$$\varpi_{\text{I},5} + \varpi_{\text{II},5} = P_5,$$

et substituons $\tang\varphi_1$ et $\tang\varphi_5$:

$$(1)\qquad \tang\varphi' = \frac{\tang\varphi_1 - \tang\varphi_5\,\dfrac{P_5}{P_1}}{1 + \dfrac{P_5}{P_1}}.$$

Si l'on ne veut pas négliger le septième harmonique, on arrive aussi facilement à la formule plus complète

$$\tang\varphi' = \frac{\tang\varphi_1 - \tang\varphi_5\,\dfrac{P_5}{P_1} + \tang\varphi_7\,\dfrac{P_7}{P_1}}{1 + \dfrac{P_5}{P_1} + \dfrac{P_7}{P_1}}.$$

Cependant, dans la plupart des cas, on limite le développement aux deux premiers termes et si l'on suppose, en outre, que φ_5 et φ_1 sont tous les deux de même signe en même temps que P_5 et P_1, c'est-à-dire représentent tous les deux une avance ou un retard de phase du courant, il résulte de la formule (1) que la condition

$$\tang\varphi' < \tang\varphi_1$$

[1] Nous supposons qu'on a

$$\begin{aligned} e_{\text{I}} &= \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,1}\sin\omega t + \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,3}\sin 3\omega t + \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,5}\sin 5\omega t + \ldots,\\ e_{\text{II}} &= \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,1}\sin(\omega t - 120^\circ) + \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,3}\sin(3\omega t - 3.120^\circ)\\ &\quad + \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,5}\sin(5\omega t - 5.120^\circ) + \ldots,\\ e_{\text{III}} &= \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,1}\sin(\omega t - 240^\circ) + \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,3}\sin(3\omega t - 3.240^\circ)\\ &\quad + \sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,5}\sin(5\omega t - 5.240^\circ) + \ldots,\end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} i_{\text{I}} &= \sqrt{2}\,\mathcal{I}_1\sin(\omega t - \varphi_1) + \sqrt{2}\,\mathcal{I}_3\sin(3\omega t - \varphi_3)\\ &\quad + \sqrt{2}\,\mathcal{I}_5\sin(5\omega t - \varphi_5) + \ldots.\\ i_{\text{II}} &= \sqrt{2}\,\mathcal{I}_1\sin(\omega t - 120^\circ - \varphi_1) + \sqrt{2}\,\mathcal{I}_3\sin(3\omega t - 3.121^\circ - \varphi_3)\\ &\quad + \sqrt{2}\,\mathcal{I}_5\sin(5\omega t - 5.120^\circ - \varphi_5) + \ldots.\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\end{aligned}$$

Il sera dès lors facile de retrouver les valeurs de W_1 et W_2.

ou

$$\cos\varphi' > \cos\varphi_1$$

est toujours satisfaite. Enfin, la présence des harmoniques supérieurs a comme conséquence

$$\cos\varphi_1 > \cos\varphi.$$

La solution de M. Bloch s'exprime donc par les inégalités

$$\cos\varphi' > \cos\varphi_1 > \cos\varphi;$$

celle de M. Dina par les inégalités

$$\cos\varphi_1 \neq \cos\varphi' > \cos\varphi;$$

M. Dina démontre, en outre, que le rapport $\frac{\cos\varphi'}{\cos\varphi}$ est sensiblement égal au rapport $\frac{\mathcal{E}_l}{\mathcal{E}_{l,1}}$,

$$(2) \qquad \mathcal{E}_l = \sqrt{\mathcal{E}_{l,1}^2 + \mathcal{E}_{l,5}^2 + \mathcal{E}_{l,7}^2 + \ldots},$$

tension efficace composée, et $\mathcal{E}_{l,1}$, tension efficace composée de l'onde fondamentale.

Parmi les applications numériques que l'auteur a cru devoir fournir à l'appui de sa théorie, nous n'en choisirons qu'une seule, à cause de la critique qu'elle a soulevée. Soient

$\mathcal{E}_{p,1} = 100,$	$\mathcal{E}_{p,5} = 10,$
$\mathcal{I}_1 = 10,$	$\mathcal{I}_5 = 3,$
$\mathcal{E}_{p,1}\mathcal{I}_1 = 1000,$	$\mathcal{E}_{p,5}\mathcal{I}_5 = 30,$
$\varphi_1 = 30°,$	$\varphi_5 = 60°,$
$\cos\varphi_1 = 0,866,$	$\cos\varphi_5 = 0,5,$
$\tan\varphi_1 = 0,577,$	$\tan\varphi_5 = 1,75,$
$P_1 = 1000.0,86 = 866,$	$P_5 = 30.0,5 = 15.$

D'autre part,

$$\cos\varphi = \frac{W_1 + W_2}{3\mathcal{E}_p\mathcal{I}} = \frac{\mathcal{E}_{p,1}\mathcal{I}_1\cos\varphi_1 + \mathcal{E}_{p,5}\mathcal{I}_5\cos\varphi_5}{\mathcal{E}_p\mathcal{I}}.$$

Pour calculer $\mathcal{E}_p$ et $\mathcal{I}$ l'auteur écrit

$$\mathcal{E}_p = \sqrt{\mathcal{E}_{p,1}^2 + \mathcal{E}_{p,5}^2} \qquad \text{et} \qquad \mathcal{I} = \sqrt{\mathcal{I}_1^2 + \mathcal{I}_5^2};$$

ces formules sont inexactes; car, dans un système triphasé avec montage en étoile, le troisième harmonique ne disparaît pas dans la tension étoilée, pas plus que dans l'expression du courant; on a toujours :

$$(3) \qquad \begin{cases} \mathcal{E}_p = \sqrt{\mathcal{E}_{p,1}^2 + \mathcal{E}_{p,3}^2 + \mathcal{E}_{p,5}^2 + \mathcal{E}_{p,7}^2 + \ldots}, \\ \mathcal{I} = \sqrt{\mathcal{I}_1^2 + \mathcal{I}_3^2 + \mathcal{I}_5^2 + \mathcal{I}_7^2 + \ldots}. \end{cases}$$

Quoi qu'il en soit, cette omission, très probablement voulue, donne un produit $\mathcal{E}_p\mathcal{I}$ plus petit et, par suite, une valeur de $\cos\varphi$ encore plus grande que celle que l'on devrait trouver. Admettons donc que $\mathcal{E}_p = 100,5$ et $\mathcal{I} = 10,45$:

$$\mathcal{E}_p\mathcal{I} = 1050;$$

d'où

$$\cos\varphi = \frac{881}{1050} = 0,839; \qquad \frac{\cos\varphi}{\cos\varphi_1} = 0,969;$$

le facteur de puissance est donc de 3,1 pour 100 inférieur au cosinus de l'angle de déphasage de l'onde fondamentale. On trouve de même

$$\tan\varphi' = 0,538; \qquad \cos\varphi' = 0,881; \qquad \frac{\cos\varphi'}{\cos\varphi_1} = 1,017;$$

ici le facteur de puissance calculé par la formule de la tangente dépasse ce même $\cos\varphi_1$ de 1,7 pour 100; tous ces résultats sont donc bien d'accord avec la théorie.

Cependant, M. Dina a cru pouvoir soulever quelques objections à l'égard des données numériques qui lui semblent fantaisistes, parce que si l'on applique la formule dont il s'est servi [1] :

$$\frac{\mathcal{I}_5}{\mathcal{I}_1} = \frac{\mathcal{E}_{p,5}\cos\varphi_5}{\mathcal{E}_{p,1}\cos\varphi_1},$$

ou

$$\frac{\cos\varphi_5}{\cos\varphi_1} = \frac{\mathcal{E}_{p,5}\mathcal{I}_1}{\mathcal{E}_{p,1}\mathcal{I}_5} = \frac{100}{10} \times \frac{3}{10},$$

on arrive à ce résultat contradictoire $\frac{\cos\varphi_5}{\cos\varphi_1} = 3$, alors que l'auteur suppose $\cos\varphi_5 < \cos\varphi_1$. Il est facile de réfuter cet argument. En effet, l'expression la plus générale de la valeur instantanée du courant est

$$(4) \qquad i_1 = \frac{\sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,1}}{\sqrt{r_1^2 + x_1^2}}\sin(\omega t - \varphi_1) + \frac{\sqrt{2}\,\mathcal{E}_{p,3}}{\sqrt{r_3^2 + x_3^2}}\sin(3\omega t - \varphi_3) + \frac{\sqrt{3}\,\mathcal{E}_{p,5}}{\sqrt{r_5^2 + x_5^2}}\sin(5\omega t - \varphi_5) + \ldots,$$

d'où l'on tire successivement :

$$\cos\varphi_1 = \frac{r_1}{\sqrt{r_1^2 + x_1^2}} = \frac{\mathcal{I}_1 r_1}{\mathcal{E}_{p,1}},$$

$$\cos\varphi_5 = \frac{r_5}{\sqrt{r_5^2 + x_5^2}} = \frac{\mathcal{I}_5 r_5}{\mathcal{E}_{p,5}},$$

$$\frac{\cos\varphi_5}{\cos\varphi_1} = \frac{\mathcal{I}_5\mathcal{E}_{p,1}}{\mathcal{I}_1\mathcal{E}_{p,5}} \times \frac{r_5}{r_1}.$$

M. Dina, dans sa démonstration, admet l'hypothèse que $r_1 = r_5 = \ldots = r$; c'est-à-dire que les résistances effectives sont indépendantes de la fréquence; ce qui n'a pas lieu, en général [2]. Il suffit, en effet, de la présence d'un noyau de fer dans une

[1] *Écl. élec.*, loc. cit.

[2] J.-L. La Cour, *Theorie der Wechelströme und Transformatoren*, p. 168 et 222.

bobine pour déterminer des phénomènes d'hystérésis et des courants de Foucault qui ne permettent plus de raisonner comme si l'on avait affaire à des résistances purement ohmiques. C'est ainsi que le courant magnétisant d'un transformateur est affecté d'un troisième harmonique très accentué, alors même que la différence de potentiel appliquée aux bornes est rigoureusement sinusoïdale. Ces actions se font encore sentir davantage dans les moteurs triphasés, soit synchrones, soit asynchrones, parce que, en plus de la résistance et de la self de l'induit, entre en jeu une force contre-électromotrice dont la grandeur et la différence de phase par rapport à la tension aux bornes règlent la grandeur et le déphasage du courant de l'onde fondamentale et des différents harmoniques. L'auteur était donc parfaitement autorisé à prendre pour $\cos\varphi_5$ et $\cos\varphi_1$ des valeurs tout à fait arbitraires; il n'y a qu'à adapter la courbe de la force contre-électromotrice à ces données fictives. M. Bloch maintient donc les conclusions de son travail plus général, puisque l'hypothèse $r_1 = r_5 = \ldots$ n'intervient pas; et les résume de la manière suivante:

Les exemples numériques ci-dessus donnent des résultats parfaitement concordants avec ceux qu'on rencontre dans la pratique. Les différences constatées entre les différents facteurs de puissance s'accentuent bien plus encore, soit avec les moteurs asynchrones sous charge, soit même avec les moteurs synchrones alimentés par une courbe non sinusoïdale ou dont la courbe ne coïncide pas avec celle de la génératrice. On trouve souvent pour ces derniers, comme l'a du reste également signalé Rosenberg (1), $\cos\varphi' = 1$, alors que $\cos\varphi = 0,3$ à $0,5$.

La plupart des moteurs triphasés modernes, surtout les moteurs asynchrones, sont construits de manière que, s'ils fonctionnent comme génératrices, ils donnent une courbe de tension sensiblement sinusoïdale et, réciproquement, qu'ils travaillent comme moteurs avec le plus grand facteur de puissance possible si la tension appliquée aux bornes est aussi sinusoïdale; mais si cette tension est représentée par une courbe complexe, le facteur de puissance tombe bien au-dessous de la valeur garantie par le constructeur.

Quoi qu'il en soit, la méthode des deux wattmètres est un procédé commode pour s'assurer jusqu'à quel point le facteur de puissance d'un moteur triphasé est influencé par les harmoniques supérieurs; et, si l'on prend la moyenne de $\cos\varphi'$ et $\cos\varphi$, on a une valeur très approchée du facteur de puissance vraie que le moteur aurait fourni en l'alimentant avec la tension qui lui convient le mieux. D'autre part, on ne recherche pas toujours le facteur de puissance, mais seulement le déphasage de l'onde fondamentale pour établir un diagramme; on emploiera, dans ce cas encore, la formule de la tangente qui ne complique pas les mesures et les calculs.

J. BECKER.

(1) E. ROSENBERG, *Analyse du courant à vide des moteurs synchrones*. (*Écl. élec.*, t. XXXVI, p. 422, 12 septembre 1903).

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : BARLEY, DRP. 150326, 25 mars 1903. — DUNCAN. USAP. 752048 et 753191 à 753194, 23 oct. 1903, 11 juill. 1901, 18 juill. 1901, 23 oct. 1903, 2 janv. 1904. — FINZI et KORRODI. BP. 17185, 1903. — GENERAL ELECTRIC Co. BF. 338263, 7 nov. 1903. — JAPY. BF. 337379, 20 nov. 1903. — LUXSCHE INDUSTRIEWERKE A.-G. BP. 6951, 1903. — REVILLIOD. BF. 336909, 23 nov. 1903. — RORTH, DRP. 150662, 15 mars 1903. — SCHUCKERT et Co. DRP. 150020, 28 fév. 1903. — SIEMENS, SCHUCKERT. BP. 23854, 1903; BF. 336874, 3 nov. 1903 (obtention d'un déphasage de 90° entre la tension et le champ dans le circuit dérivé de compteurs). — SIEMENS et HALSKE. BP. 21405, 1903. — UNION ELEKTRICITAETS GES. DRP. 151175, 19 juill. 1903. — ZIEGENBERG. DRP. 149820, 3 mars 1903.

Appareils divers : BRITISH THOMSON HOUSTON Co. BP. 702 et 2273, 1903 (appareils de mesure). — FAUVIN, AMIOT et CHENEAUX. BF. 337866, 19 déc. 1903 (perfectionnements dans les appareils de mesure). — GENERAL ELECTRIC Co. BP. 5288, 1903 (appareil de mesure pour courant alternatif). — GRAMMONT. BF. 24 nov. 1903 (appareil de mesure du facteur de puissance). — HALE. USAP. 752158, 29 avril 1901 (clef pour essai de câble). — RUNG et LA COUR. BP. 2112, 1903 (appareil enregistreur). — SCHUCKERT WERKE. DRP. 151344, 3 mai 1903 (indicateur de phase). — THOMSON, KELVIN et WHITE. BP. 28588, 1903 (frein magnétique). — WHYTE. BP. 5346, 1903 (compas magnétique). — ZIEGENBERG. BP. 10697, 1903 (wattmètre).

DIVERS.

Conductibilité et pouvoir inducteur spécifique de quelques substances au voisinage de l'état critique, par P. EVERSHEIM. (*Ann. d. Phys.*, t. XIII, p. 492-512; mars 1904). — La résistivité moléculaire et le pouvoir inducteur spécifique varient rapidement au voisinage de l'état critique, mais la variation reste continue. M. L.

Tensions de Faraday-Maxwell, par G. BAKKER. (*Ann. d. Phys.*, t. XIII, p. 562-573; mars 1904). — Contrairement à une opinion souvent exprimée, les tensions appliquées à un élément du diélectrique ne sont pas assimilables aux tensions ou pressions considérées en élasticité. M. L.

Ozonisation par l'effluve, par E. WARBURG. (*Ann. d. Phys.*, t. XIII, p. 464-477). — La décharge se produit entre une pointe et une surface métallique, plane ou cylindrique. La masse d'ozone obtenue par coulomb est indépendante de la différence de potentiel entre les électrodes, mais diminue quand l'intensité augmente. L'ozonisation est plus active quand la pointe est cathode. M. L.

Magnétostriction des substances paramagnétiques, par R. GANS. (*Ann. d. Phys.*, t. XIII, p. 634-639; mars 1904). — Remarque sur le travail de M. Heydweiller.

BIBLIOGRAPHIE (1).

Les chemins de fer électriques, par Henri MARÉCHAL, Ingénieur des Ponts et Chaussées, un vol. in-8° de IV-600 pages, avec 516 figures dans le texte. Paris, 1904. Ch. Béranger, éditeur. Prix : 25fr.

La traction électrique des tramways s'est développée, aux Etats-Unis principalement, avec une rapidité telle qu'en peu d'années elle a presque complètement remplacé tous les autres systèmes de traction ; d'abord limitée aux réseaux urbains, elle s'est bientôt étendue aux lignes interurbaines, en sorte qu'il est aujourd'hui possible de faire plusieurs centaines de kilomètres sans changer de voiture. Plusieurs de ces lignes furent établies parallèlement à des lignes de chemin de fer; par suite des avantages particuliers qu'elles assuraient aux voyageurs : grande fréquence des départs, arrêts rapprochés, vitesse commerciale élevée, tracé commode desservant, grâce aux correspondances, toutes les agglomérations, tarifs réduits, elles firent aux grandes lignes une concurrence désastreuse et celles-ci durent envisager la transformation de leur exploitation ; elles adoptèrent résolument l'électricité, modelèrent leurs services sur ceux des tramways, afin d'offrir aux voyageurs les mêmes avantages, et regagnèrent ainsi le terrain perdu ; le chemin de fer de Berlin, New-Britain, Hartford est à ce sujet un exemple bien typique. Il est certain aujourd'hui que, dans un avenir prochain, les lignes suburbaines des chemins de fer seront obligées d'adopter la traction électrique qui seule permet économiquement de multiplier les départs et d'augmenter la vitesse tout en conservant de nombreux arrêts comme l'exige la commodité des communications.

Dans un grand nombre de circonstances : exploitation souterraine, lignes à fortes pentes, lignes à grande vitesse, la traction électrique s'impose ; et si l'on considère que l'utilisation des chutes d'eau, l'emploi direct des courants alternatifs à haute tension facilitent cette évolution, on voit que nous avançons vers une transformation profonde des moyens de transport. Sans doute, pour les grandes lignes, pour les trains de marchandises, la traction électrique ne peut lutter contre la locomotive à vapeur. Mais le jour où, seuls, ces services resteront à transformer, l'unification ne tardera pas à se faire. Nous n'en sommes pas là encore, évidemment, mais l'hypothèse peut être envisagée sans invraisemblance.

Le Livre de M. Maréchal vient donc bien à son heure. Il donne un exposé très clair et très complet de la question : après avoir indiqué les dispositions générales sur lesquelles est basée la traction électrique, l'auteur étudie successivement la production de l'énergie électrique dans les stations centrales à vapeur, à gaz, hydrauliques; la voie de roulement, la transmission de l'électricité, sa distribution le long des voies, son utilisation dans les moteurs; viennent ensuite l'étude des forces qui doivent être mises en jeu dans la traction électrique, puis la construction des voitures automotrices et des locomotives. Un Chapitre spécial est consacré à la description des chemins de fer à crémaillère, des chemins de fer monorails, des plates-formes ou trottoirs roulants. Enfin l'Ouvrage se termine par l'étude de l'exploitation et des dépenses qu'elle entraîne.

L'auteur, en qualité de directeur du chemin de fer métropolitain de Paris, et des transports électriques de l'Exposition de 1900, a dû étudier toutes les installations existantes, leurs avantages et leurs inconvénients ; son travail est donc très documenté et au courant des progrès les plus récents; il parle de ce qu'il a vu et, ce qui est mieux, de ce qu'il a mis lui-même en pratique; beaucoup des documents qu'il publie, les considérations qu'il donne sur l'organisation des services, les chiffres qu'il cite en de nombreux passages, sont publiés pour la première fois. Cet Ouvrage, qui est le premier sur ce sujet, sera consulté avec fruit par tous ceux qui ont à s'occuper de traction électrique.

G. Pellissier.

Recherches sur l'effet magnétique des corps électrisés en mouvement, par Vasilesco KARPEN. Un volume format 24cm × 16cm, 114 pages. Gauthier-Villars, éditeur.

Dans ce travail, présenté récemment comme thèse de doctorat à la Faculté des Sciences de Paris, l'auteur décrit les expériences qu'il a effectuées en vue de mettre en évidence l'effet magnétique des courants de convection.

Ces expériences furent commencées au moment où les résultats négatifs des essais de M. Crémieu permettaient de douter de l'existence de cet effet magnétique. Aussi M. Karpen employa-t-il une méthode d'observation différente de celle utilisée par ce dernier physicien : au lieu de l'action exercée sur une aiguille aimantée, il chercha à déceler, sur les conseils de M. Lippmann, les effets d'induction électromagnétiques des courants de convection.

Le dispositif expérimental adopté, décrit en détail dans le Mémoire, a permis à M. Karpen de se mettre à l'abri des nombreuses causes perturbatrices qui sont à craindre dans ces expériences délicates, et d'établir, de façon certaine et par des moyens nouveaux, l'existence de l'effet magnétique de la convection.

J. B.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Le radium dans les eaux de Bath.

La rareté du radium et, conséquemment, son prix excessif donnent un intérêt tout particulier à la découverte de substances renfermant cet élément, fût-ce en quantité très faible. Aussi les journaux d'Outre-Manche de ces dernières semaines nous donnent-ils de copieux détails sur les recherches qui ont amené la constatation de la présence du radium ou tout au moins de substances radioactives dans les dépôts des eaux minérales de Bath (Angleterre).

Cette constatation n'est d'ailleurs pas fortuite : elle repose sur le rapprochement de la découverte, faite récemment par sir Ramsay et M. Soddy, de la transformation du radium en hélium et de la présence, établie antérieurement par M. Dewar, de l'hélium dans les nombreux gaz qui se dégagent des eaux de Bath. Il était donc présumable que les dépôts, de couleur rouge orange, que laissent ces eaux devaient contenir du radium.

C'est ce que vient de reconnaître M. R.-J. Strutt, fils de lord Rayleigh, par l'examen des dépôts de la New Royal Spring. Toutefois, la proportion de radium ou de substance radioactive qu'ils renferment paraît être plus petite encore que celle où l'on rencontre cet élément dans la pechblende, et l'on sait que cette dernière est bien faible puisqu'une tonne de ce minéral ne renferme guère qu'un décigramme de radium. Il n'est donc pas certain que l'exploitation des dépôts des eaux de Bath puisse être rémunératrice; mais, en raison de leur abondance (le débit des sources dépasse un million de mètres cubes par an) et de leur accumulation pendant des siècles, il est à espérer qu'une méthode de traitement convenable permettra de les utiliser.

Épuration électrique des eaux de condensation.

On sait combien la présence de l'huile de graissage dans les eaux de condensation crée d'inconvénients lorsque l'on veut utiliser ces eaux pour l'alimentation des chaudières. D'après le correspondant londonien de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, il serait facile de purifier ces eaux par un procédé électrique fort simple qu'il a eu l'occasion de voir fonctionner à l'usine de M. Davis Perret (26, Great Saint-Helens, Londres). Voici en quoi il consiste :

L'eau de condensation est refoulée par la pompe à air dans une auge en bois qui mesure $3^m,50$ de longueur, $0^m,75$ de largeur et $0^m,70$ de profondeur. En travers de l'auge sont disposées des électrodes en fer au-dessus et au-dessous desquelles, alternativement, l'eau est astreinte à passer.

Les électrodes inférieures sont reliées à l'un des pôles et les électrodes supérieures à l'autre pôle d'une génératrice à 100 ou 150 volts. Comme l'eau distillée qui provient de la condensation est mauvaise conductrice, pour mettre l'appareil en marche, on fait arriver en même temps à l'entrée de l'auge un filet d'eau ordinaire dont le débit est réglé de façon à maintenir le courant à la plus faible intensité compatible avec un bon rendement; or l'expérience a démontré que ce but était atteint quand la quantité d'eau ajoutée compensait à peu près les pertes par condensation.

De l'auge le liquide est dirigé sur deux filtres de sable de 16^{m^2} de superficie, recouverts d'une mince couche de sciure de bois de chêne sur laquelle se fait la séparation de l'huile et de l'eau. Celle-ci sort des filtres absolument claire et parfaitement épurée, comme l'a démontré l'analyse chimique.

Ce procédé fonctionne depuis 14 mois, à titre d'essai, dans une grande usine à vapeur de Tottenham où il a jusqu'ici pleinement justifié les espérances qu'on a fondées sur lui. On peut toutefois lui reprocher son prix de revient trop élevé; en effet, pour obtenir 1600^l d'eau à l'heure, il faut disposer d'une puissance de 3 kilowatts.

Le correspondant propose, sous toutes réserves, l'explication suivante des réactions qui peuvent entrer en jeu.

En effleurant les électrodes, l'eau entraîne les particules d'oxyde de fer qui se forment sans cesse sous l'action du courant; c'est à ces particules que s'attache l'huile en suspension dans l'eau et il y a ainsi formation de petits flocons brunâtres. Cette hypothèse semble très plausible, car l'eau qui s'écoule de l'auge n'a plus l'aspect laiteux des eaux de condensation; elle paraît plutôt brune et l'on y distingue même les petits flocons qui sont ensuite retenus par la sciure de bois et les filtres. Le procédé réussit bien également avec d'autres métaux que le fer; on peut même employer le charbon, mais alors l'appareil travaille beaucoup plus lentement.

B. K.

Sur l'emploi du bitume comme isolant.

D'une Communication faite par M. J. Sutherland à la Faraday Society, nous extrayons les renseignements suivants qui peuvent intéresser les électriciens.

Sous le nom générique de *bitume*, on comprend tous les carbures qui vont du pétrole au charbon asphalté; au point de vue de leurs applications, nous ne retiendrons que les trois formes suivantes : le bitume proprement dit, appelé aussi *poix de Judée* (mer Morte) ou *poix de la Trinité* (Antilles), le goudron minéral et l'asphalte. Le meilleur bitume, en même temps que le plus pur, est extrait du *Lac de poix* de la Trinité, qui a environ 5^{km} de tour et qui est d'origine volcanique. La matière brute contient jusqu'à 35 pour 100 de minéraux étrangers et 33 pour 100 d'eau; elle est réduite en poussière, exposée au soleil et subit sur place un premier traitement, après lequel elle est livrée au commerce sous le nom de *bitume purifié*. On estime la contenance du lac de la Trinité à 9000000 de tonnes de bitume et l'apport annuel à 20000 tonnes.

Le bitume naturel est un corps amorphe, noir bru-

nâtre, dont la densité et le point de fusion sont respectivement compris entre 0,95-1,25 et 80°-320°C., suivant la proportion des impuretés qu'il contient; quand il est bien pur, c'est-à-dire débarrassé aussi des huiles légères et du soufre libre qui accompagnent les matières rappelées plus haut, sa densité est 1,032 et il fond à 100°C.

Le bitume vulcanisé dont on se sert pour l'isolation des câbles est obtenu par l'addition de 5 à 20 pour 100 de soufre. La proportion du mélange est d'ailleurs variable, suivant l'usage auquel on le destine et c'est à l'expérience qu'il faut s'en rapporter. On y incorpore souvent aussi certaines huiles, ainsi que du goudron de houille ou de bois. Pendant le malaxage de ces substances, il faut éviter toute élévation de température locale qui pourrait donner naissance à du coke ou à des produits renfermant du carbone; car on compromettrait gravement le pouvoir isolant du bitume. Pour la même raison, on doit rejeter toutes les matières susceptibles de provoquer une réaction chimique. Pour garnir les caniveaux électriques ou fabriquer des manchons pour câbles, on ajoute au bitume des corps inertes comme le plâtre et l'argile; le danger de cette préparation est alors de rendre la masse hygroscopique, car, sous l'influence de l'humidité, il se produit à la longue des transformations locales qui rendent le bitume cassant. Comme isolant, il ne peut être appliqué qu'aux basses tensions; le fond des caniveaux est recouvert d'une couche de bitume sur laquelle on pose simplement les conducteurs, ou bien encore il est employé directement à l'isolation des câbles; la dialite, par exemple, renferme du bitume. On doit alors le préparer avec beaucoup de soin et le rendre élastique, afin qu'il ne se brise pas quand on enroule les câbles sur les couronnes. Souvent aussi, on coule le bitume fondu dans les caniveaux qui contiennent des câbles sous plomb qu'il faut préserver de l'humidité. Le traitement qui lui convient, dans ce cas, consiste à le porter à la température de 230°C., à répartir la masse fondue dans des récipients relativement petits où on le laisse refroidir jusqu'à 175°C. avant de le verser sur les câbles dont le plomb doit être parfaitement sec; le bitume, en effet, n'adhère pas au métal humide. Dans le système de canalisation Edison, très apprécié en Amérique, les conducteurs en cuivre nu sont logés dans des tubes d'acier garnis intérieurement de bitume. Nous avons signalé déjà le procédé de fabrication de tuyaux en asphalte imaginé par la Howard Conduct C°, de Manchester (*Écl. Élec.*, t. XXXI, p. IX). B. K.

Voitures à portières latérales pour le service suburbain.

Le *Bulletin du Congrès des Chemins de fer* décrit (t. XVIII, p. 131, février 1904), d'après le *Railway Master Mechanic*, un nouveau type de voiture de banlieue que vient de créer l'Illinois Central Railroad. Bien que ce modèle ait été mis en service sur des trains à vapeur, nous croyons pourtant intéressant de le signaler, parce qu'il nous paraît également très avantageux pour des services suburbains à traction électrique.

Ce n'est pas la peine, en effet, de faire des sacrifices sur la puissance génératrice pour obtenir de grandes accélérations, si l'on reperd le temps ainsi chèrement gagné par de longs stationnements dans les nombreuses gares d'arrêt, comme cela se produirait avec le matériel actuel de chemins de fer où les portières de chaque compartiment doivent être ouvertes et fermées à la main. Les voitures avec une porte seulement à chaque bout, telles que celles qui sont employées sur les lignes de banlieue de l'Ouest et sur le Métropolitain, ne sont pas non plus parfaites comme facilités de dégagement. Le modèle de l'Illinois nous paraît, au contraire, remplir toutes les conditions requises pour l'évacuation rapide et, en outre, offrir une certaine protection contre l'incendie.

Le châssis en acier de $19^m,50$ de long et $3^m,15$ de large est, en effet, recouvert d'un plancher métallique et la charpente des parois latérales est également en feuilles d'acier; le garnissage intérieur est en bois, ainsi que le panneautage extérieur. La voiture est portée par 2 bogies à 2 essieux, dont les roues ont $0^m,83$ de diamètre. L'intérieur de la voiture ne comporte aucune séparation; il contient 11 rangées doubles et 2 rangées simples de banquettes en bois à 4 places, séparées par des accotoirs, disposés transversalement et offrant par conséquent 96 places assises. Mais la particularité nouvelle c'est que les banquettes occupent le milieu de la caisse et sont entourées en bout par 2 plates-formes et sur les côtés par 2 couloirs latéraux de $0^m,40$ de large, percés d'une porte vis-à-vis de chaque intervalle de banquettes; il y a ainsi, de chaque côté de la voiture, 12 portes de couloir et 1 porte de plates-formes. Les 2 portes de plates-formes sont à battant et s'ouvrent à la main, mais les 24 portes latérales sont à coulisses et rentrent, quand elles sont ouvertes, dans l'intérieur des parois de la caisse. Au moyen d'un système à air comprimé, un des agents de train peut verrouiller toutes les portes du côté de l'entre-voie; il peut automatiquement *ouvrir à la fois toutes les portes* ou bien seulement les déverrouiller et en laisser la manœuvre d'ouverture aux voyageurs, et ensuite les *refermer et les verrouiller toutes à la fois* [1]. Grâce à ce dispositif ingénieux, les voyageurs, quand ils montent dans le train, n'ont pas besoin de chercher un compartiment vide comme dans les voitures ordinaires de chemins de fer, puisqu'ils ont tout le temps de se placer pendant la marche en circulant dans le couloir; à la descente ils n'ont pas à faire un long trajet pour atteindre les portes de sortie : dans les deux cas, ils n'ont, pour ainsi dire, pas à bouger : ils n'ont qu'à entrer ou sortir par la portière qui se trouve devant eux, soit sur le quai, soit dans l'intérieur, et comme ces portières sont multipliées, l'écoulement est très rapide et les arrêts dans les gares peuvent être par conséquent extrêmement courts, ce qui est l'idéal pour un service de métropolitain ou de train de banlieue.

CH. J.

[1] Un système électrique pourrait peut-être, dans le cas de trains électriques, fournir la même solution du problème avec des dispositifs plus simples que ceux à air comprimé. Il y a d'ailleurs sur toutes les voitures électriques des compresseurs d'air destinés au frein Westinghouse et qui pourraient fournir l'air nécessaire à la commande des appareils de fermeture des portières.



Mesures de sécurité employées sur le métropolitain électrique de Berlin.

La Société privée qui exploite le métropolitain électrique de Berlin, comportant une partie souterraine, mais sur un quart seulement de sa longueur, fait connaître, dans une Communication adressée à l'*Elektrotechnische Zeitschrift* (t. XXV, p. 128, 18 février 1904), les mesures de sécurité prises sur cette ligne. Une Commission nommée à Berlin, à la suite de la catastrophe survenue en août dernier sur le métropolitain de Paris, constate que les employés et le public couraient bien peu de dangers du fait d'un incendie ou autres accidents, vu les précautions suivantes déjà appliquées.

Les stations souterraines sont desservies par des escaliers droits et munies de réservoirs d'eau et de sable; les lampes qui les éclairent sont alimentées par un circuit indépendant de celui du rail électrique et partant des batteries tampons. Les voitures sont munies de portes de secours en bout et contiennent également un réservoir à sable; elles comportent un dispositif de secours à l'aide duquel un voyageur quelconque peut serrer le frein et provoquer l'arrêt du train. Mais la sécurité résulte surtout des précautions prises pour diminuer les chances d'incendie. Le réseau d'alimentation de la voie est alimenté de l'usine génératrice par trois lignes distinctes, munies chacune d'interrupteurs, de plombs fusibles et disjoncteurs, qui sont prévus pour des intensités peu élevées au-dessus de la normale afin que leur fonctionnement soit plus sûr. Il entre aussi peu de bois que possible dans la construction des voitures, la carcasse de caisse étant en tôle. Les parties du plancher voisines des moteurs et des résistances de réglage sont en bois ignifugé et protégées par d'épaisses tôles de fer. Les cabines des mécaniciens possèdent un revêtement intérieur en amiante, de façon à ce qu'il soit impossible aux interrupteurs de communiquer le feu aux parois par les étincelles ou les échauffements auxquels ils peuvent donner lieu. Les câbles d'alimentation des moteurs sont recouverts d'une tresse d'amiante dans les points où ils pourraient venir en contact avec du bois. Un plomb fusible est placé à côté de chaque sabot de prise de courant. Des essais fréquents ont toujours eu lieu pour s'assurer du fonctionnement et bon état de toute l'installation.

On a pourtant, par surcroît de précaution, renforcé encore les mesures de sécurité après l'accident de Paris. L'éclairage des gares souterraines a été divisé en deux parties et chacune d'elles peut être reliée, non seulement aux batteries-tampons, mais aussi à la canalisation de la ville. Les lampes éclairant le tunnel ont été également divisées en deux circuits distincts et augmentées de nombre. On a placé une caisse de sable et un extincteur sur chaque voiture et, tous les 100^m dans le tunnel, un extincteur signalé par une lampe spéciale. Enfin on a mis sur chaque motrice un petit appareil qui permet au mécanicien ou au conducteur, dans le cas où le train reste en panne en pleine voie, de mettre sans danger le rail conducteur en court-circuit avec la voie, ce qui a pour effet de couper le courant sur toute la portion de voie comprise entre les deux stations voisines; les voyageurs peuvent alors regagner ces stations sans risquer de recevoir des chocs du rail conducteur.

Résultats des essais de traction électrique sur les chemins de fer italiens.

Le *Bulletin des Transports par chemins de fer*, de Berne, donne, dans son numéro de février 1904, les renseignements suivants tirés des communications faites par le rapporteur du budget des travaux publics, M. Mezzanotti, à la séance du 20 décembre 1903 du Sénat italien, sur les résultats obtenus jusqu'à présent avec la traction électrique sur les chemins de fer italiens.

En décembre 1897, le Ministre des Travaux publics nomma une Commission qui proposa de faire exécuter des essais de divers systèmes de traction électrique aux frais des deux Compagnies exploitantes de la Méditerranée et de l'Adriatique (les chemins de fer italiens appartiennent à l'État qui les fait exploiter par deux Compagnies privées), mais avec une clause stipulant qu'en cas de réussite les dépenses de premier établissement nécessitées par la traction électrique seraient remboursées par l'État : ces essais devaient être poursuivis pendant 2 ans, à l'expiration desquels le Gouvernement devait juger des résultats obtenus et décider si chacun des nouveaux systèmes pouvait être conservé à titre définitif ou abandonné avec retour à la vapeur.

La Compagnie de la Méditerranée entreprit, sur la ligne de Milan à Monza, un essai de traction avec deux voitures automotrices à accumulateurs de la maison Hansemberger, de Monza. Cet essai a duré 4 ans, les voitures n'ayant pu, au cours des deux premières années, remplir les conditions stipulées. La Compagnie conclut, le 31 juillet 1903, à l'extension du système à d'autres lignes telles que celle de Milan à Pavie; cette proposition est actuellement à l'étude.

La Compagnie de l'Adriatique entreprit également un essai avec quatre automotrices à accumulateurs de la maison Cruto, sur les lignes Bologne-Modène et San Felice-Poggio-Rusco [1]. Elle a déclaré, au bout de 2 ans, que les résultats techniques avaient été également satisfaisants, mais qu'au point de vue général de l'exploitation des chemins de fer le système n'était pas avantageux; on a repris sur ces lignes la traction à vapeur.

La Compagnie de la Méditerranée a mis à l'essai, sur les lignes Varèse-Milan et Porto-Ceresio, des trains de voyageurs alimentés par courant continu à 500 volts avec prise de courant par troisième rail. La période d'essai a pris fin le 14 octobre 1903. Au point de vue technique, les résultats peuvent dès à présent être considérés comme satisfaisants. Par contre, les résultats financiers doivent encore être soumis à un examen minutieux avant de pouvoir décider s'il conviendra d'appliquer ce mode de traction également aux trains de marchandises sur la ligne Milan-Varèse et de l'étendre aux trains de voyageurs des lignes Gallarate-Arona et Gallarate-Luino, comme le propose la Compagnie de la Méditerranée.

La Compagnie de l'Adriatique a fait l'essai, sur les lignes de la Valtetine, de Lecco-Colico-Sondrio et de Colico à Chiavenna, de trains de voyageurs et de marchandises alimentés directement par deux conducteurs

[1] La description de cette installation a été donnée dans *L'Éclairage électrique*, t. XXXV, p. 5, 4 avril 1903.

aériens transportant des courants triphasés à 3000 volts. Cet essai n'ayant commencé que le 16 octobre 1902, il faudra attendre au 16 octobre 1904 pour qu'un jugement soit porté sur les résultats obtenus pendant les deux années de fonctionnement. Toutefois, la Compagnie de l'Adriatique a, dès à présent, présenté un projet d'extension de ce système, actuellement en cours d'examen, aux lignes Milan-Lecco et Usmate-Bergat.

Association française pour l'avancement des sciences.

Le Congrès annuel de cette Association se tiendra cette année à Grenoble, du 4 au 11 août, sous la présidence de M. Laisant, examinateur d'admission à l'École Polytechnique.

Le comité local chargé de l'organisation du Congrès est ainsi constitué : *Président*, M. Pionchon, directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble ; *Secrétaire général*, M. le Dr Bordier, directeur de l'École de médecine ; *Secrétaire adjoint*, M. Picaud, chargé de suppléance à l'École de médecine ; *Trésorier*, M. Charpenay, banquier.

Deux conférences seront faites pendant le Congrès ; l'une, sur l'*Art en Dauphiné*, par M. Marcel Reymond ; l'autre, sur la *Houille blanche*, par le commandant Audebrand.

Le Conseil d'administration a décidé de soumettre à la discussion en séance générale du Congrès, la question suivante : *la Langue auxiliaire universelle*, sur laquelle un rapport préliminaire a été rédigé par M. Bourlet, professeur au lycée Saint-Louis et à l'École des Beaux-Arts.

Les sections de génie civil militaire et de navigation, présidées par M. Primat, ingénieur des mines, à Grenoble, ont mis à l'ordre du jour : *l'Aménagement industriel et agricole du Rhône*.

La section de physique, présidée par M. Pionchon (en remplacement de M. Pellin, démissionnaire, ne pouvant se rendre au Congrès), a mis deux questions à l'ordre du jour : 1° *Étude théorique et expérimentale du fonctionnement de la bobine d'induction;* 2° *Théorie de la pression de dissolution, application à l'interprétation des phénomènes de polarisation électrique.*

Informations diverses.

Génération et Distribution. — Le projet concernant l'*utilisation des chutes d'eau des rivières Volchow et Msta* (Russie) est définitivement élaboré. D'après ce projet l'énergie électrique obtenue servira en grande partie à fournir la force nécessaire au mouvement de bateaux dans les canaux du rayon du lac Ladoga. Le surplus d'énergie sera utilisé pour l'éclairage des environs; mais la force développée par les chutes d'eau de Volchow et de Msta est si grande, qu'il en restera encore suffisamment pour l'éclairage de Saint-Pétersbourg.

Traction. — Un groupe d'entrepreneurs vient d'adresser, au Ministère des Voies et Communications de Russie, une requête en vue d'une concession pour la construction et l'exploitation de *chemins de fer de type normal et à traction électrique*. Pour débuter, le groupe dispose du capital de 1000000 de roubles que l'on diviserait en trente mille actions. Dans le cas où la requête aboutirait, on commencerait par la construction des chemins de fer à traction électrique dans le rayon des canaux du lac Ladoga, et à cette occasion on établirait, près de la station Wolchow, une station centrale hydro-électrique, à laquelle les chutes d'eau fourniraient la force motrice nécessaire.

Télégraphie et Téléphonie. — La *télégraphie sans fil*, système Popoff, a reçu ces derniers temps une application sur les navires de la flotte russe. Presque tous les bâtiments de guerre naviguant dans les eaux étrangères ont installé à leurs bords les appareils de M. Popoff, dont l'invention a été acquise en pleine propriété par le Ministère de la Marine, et l'on organise actuellement de nouvelles stations de télégraphie sans fil en Extrême-Orient. Les appareils sont fabriqués dans un atelier spécial du port de Cronstadt.

— On vient de construire à Moscou un nouveau bureau téléphonique. L'édifice comprend cinq étages, une tour et des sous-sols. Il n'y a pas seulement à noter les dimensions, mais encore la disposition très pratique de la station. Au cinquième étage se trouve la salle des appareils; elle contient en outre un commutateur qui a été construit pour 22500 abonnés. Le quatrième étage est destiné aux accumulateurs et aux machines. Le troisième contient des garde-robes et des vestiaires pour les employés. Le second étage est destiné aux services divers; il contient en outre une salle à manger, une salle de repos, de jeux, une bibliothèque. Les bureaux sont installés au premier étage et au rez-de-chaussée. Le sous-sol contient les magasins, le dépôt, les ateliers et les chaudières; le chauffage est central. La construction de cet édifice a coûté plus de 260000 roubles. Tous les anciens appareils des abonnés ont été remplacés par des appareils nouveaux, dans lesquels la levée seule du récepteur met l'abonné en communication avec le bureau central; l'employée est en même temps avertie par une lumière qui apparaît dans une petite lampe à incandescence colorée en rouge. A l'apparition de cette lumière l'employée établit la communication entre les abonnés. Avec ce système les communications téléphoniques sont beaucoup simplifiées.

— En 1901, on comptait en Russie 102 réseaux téléphoniques municipaux dont 91 exploités par le gouvernement et 11 par des compagnies particulières. Il n'y avait que 19 réseaux internationaux, dont 18 étaient exploités par l'État et un seul par une compagnie privée. L'étendue des réseaux municipaux était de 7505^{km} et celle des réseaux communiquant entre villes de 749^{km}. Le nombre des stations téléphoniques publiques et privées était pour le réseau du gouvernement de 21465; pour les réseaux exploités par des compagnies de 18232. Le nombre de conversations par téléphone en ville était de 72577820 pour le réseau de l'État et de 29123444 pour le réseau des compagnies. Le nombre des communications entre villes s'élevait à 1186328 pour le réseau de l'État et 10200 pour les réseaux privés. Les revenus des réseaux exploités par le gouvernement étaient, en 1901, de 11078810 roubles, les dépenses de 2244907 roubles.

Tome I. — N° 8. **30 avril 1904.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, CHARPENTIER, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, GUILBERT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN, PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

SOMMAIRE.

I. **Article :** Les moyens de transport à Hambourg et à Kiel, par M. CH. JACQUIN, p. 225.
II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 230 ; Transmission et Distribution, p. 234 ; Traction, p. 237 ; Télégraphie et Téléphonie, p. 238 ; Applications thermiques, p. 242 ; Mesures, p. 242 ; Divers, p. 249.
III. **Bibliographie,** p. 252. — IV. **Variétés et informations,** p. 253.

LES MOYENS DE TRANSPORT A HAMBOURG ET A KIEL.

Hambourg, port de commerce le plus important d'Allemagne et l'un des premiers d'Europe, situé sur l'Elbe, à 50^{km} environ de la mer du Nord, compte près de 700000 habitants. La ville ne s'étend pas sur le fleuve sur une longueur aussi grande que les Cités de même nature telles que Bordeaux, Anvers, Liverpool (*voir* croquis de la figure 1); cela tient un peu à la limitation administrative donnée à la ville libre et surtout à la situation naturelle toute spéciale du port qui, au lieu de comporter des bassins perpendiculaires au rivage, est formé de bassins disposés parallèlement au lit du fleuve, à cet endroit très large et contenant plusieurs îles. L'Elbe se trouve ainsi utilisé sur toute sa largeur y compris la rive gauche; la ville ne pénètre pas sur celle-ci, qui comporte seulement une petite bande appartenant au port franc. La vieille ville, située en face du port, est limitée par le *Ring* ou ligne circulaire de boulevards : elle n'a que $2^{km},5$ de largeur et $1^{km},5$ de profondeur; elle est coupée en son milieu par une série de petits canaux par lesquels la rivière Alster se jette dans l'Elbe, et par le bassin inférieur de l'Alster dénommé le *Petit Alster;* les faubourgs de la ville s'étendent ensuite au delà du Ring très loin en profondeur en s'élargissant. Au milieu de cette agglomération se trouve le bassin supérieur de l'Alster ou *Grand Alster,* sorte de lac de $2^{km},5$ de long et 1^{km} de large. La cité d'Altona en Prusse, qui a 161000 habitants, n'est en quelque sorte qu'un prolongement du faubourg de Saint-Pauli de la ville de Hambourg.

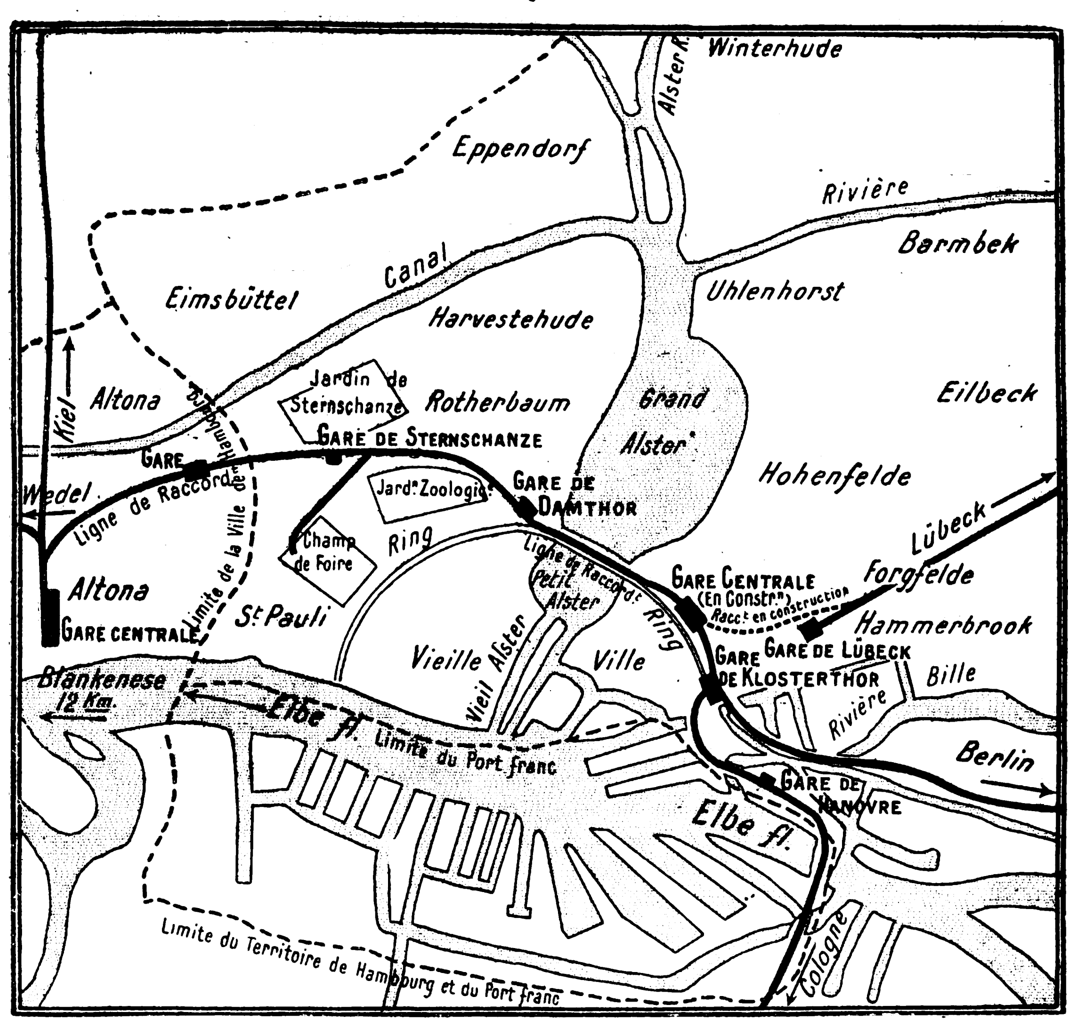
Altona, siège du Gouvernement de la province de Schleswig-Holstein, est également le grand centre administratif des chemins de fer de la région. Quoique la ligne de Kiel seule arrive directement à Altona et que toutes les autres lignes aboutissent à Hambourg, c'est de la gare centrale d'Altona que partent les trains même de banlieue, se dirigeant dans toutes les directions, grâce à une ligne de raccordement (*Verbindungsbahn*) réunissant cette gare d'Altona aux gares terminus de Berlin (ou *Klostherthor*) et de Hanovre, situées à Hambourg. La gare terminus de Lübeck, qui seule reste isolée à Hambourg, sera aussi prochainement reliée à une grande gare centrale située sur la ligne de raccordement. Celle-ci comporte, en dehors des gares terminus de Hambourg, trois gares importantes de passage, où s'arrêtent tous les trains de grandes lignes et de banlieue, de sorte qu'elle est un peu utilisée comme ligne de ceinture métropolitaine entre Altona et l'est du port de Hambourg. Un embranchement pour train de marchandises se détache de la ligne de Ceinture pour aller au champ de foire : les divers bassins du port sont également

desservis par de nombreuses voies à marchandises (que je n'ai pas marquées sur le croquis de la figure 1) raccordées à la ligne de Ceinture.

Hambourg s'étendant surtout dans une direction perpendiculaire à l'Elbe, et sa ligne de ceinture, à vapeur, coupant les premiers faubourgs parallèlement au fleuve, n'a pas besoin d'autres lignes métropolitaines à vapeur ou électriques.

Le fort courant de circulation qui existe entre la vieille ville et le port, centres de la grande animation, et les faubourgs, est suffisamment satisfait par les nombreuses lignes de tramways qui s'étendent en éventail dans toutes les directions en partant du fleuve; il y a en outre une ligne qui fait le tour des boulevards (Ring).

Fig. 1.



Plan de Hambourg.

Ces tramways, qui au début étaient à traction animale, sont depuis quelques années entièrement électriques. L'ensemble de ces lignes, dont quelques-unes sont très longues (l'une d'elles traverse Altona et va jusqu'aux coteaux de Blankenese, à 12^{km} en aval de Hambourg), forme un réseau très important, entièrement à trôlet. Les voitures, toutes à bogies, présentent une disposition peu banale : l'intérieur est divisé en deux compartiments, un pour les fumeurs et un pour les non fumeurs, comme dans les trains de grandes lignes. Le

tarif est par zones de 10 pfennigs ($0^{fr},12$) : le conducteur délivre selon la méthode usuelle des tickets poinçonnés aux voyageurs.

Une bonne partie des fiacres à chevaux de Hambourg (il n'y en a pas d'électriques) marchent avec des compteurs.

Il ne faut pas oublier, comme moyens de transport en commun, les petits bateaux à vapeur, au tarif uniforme de 10 pfennigs ($0^{fr},12$), qui partent de la rive droite de l'Elbe dans la vieille ville et font la traversée du fleuve en touchant les extrémités des principaux quais du port.

Kiel, petit port de la Baltique, de l'ancienne province danoise du Schleswig, qui n'avait que 24000 habitants, a pris depuis l'annexion, en 1867, un grand développement et est devenu, surtout depuis l'ouverture du canal du Nord, qui coupe la presqu'île du Jutland par sa base, le premier port de guerre allemand; c'est le siège de l'Inspection générale de la Marine et de plusieurs écoles de Marine. En même temps de grands chantiers de construction de navires de guerre et de commerce ont été fondés à Kiel, amenant à leur suite divers ateliers de constructions mécaniques. Comme port de commerce, Kiel n'aura jamais une importance comparable à celle de Hambourg; il donne lieu toutefois à des échanges importants avec la Suède et surtout avec le Danemark. Un service biquotidien de paquebots entre Kiel et Körsor (port de la côte ouest de l'île de Seeland par le détroit du grand Belt) constitue la voie la plus courte et la plus rapide pour se rendre de toute l'Europe occidentale à Copenhague, d'où l'on gagne le sud de la Suède, directement par le train qui traverse le Sund sur un bac à vapeur à Elseneur (1).

(1) Les voyageurs qui craignent les 4 heures de traversée en mer de Kiel à Körsor peuvent se rendre à Copenhague et de là en Suède *sans quitter leur compartiment,* en prenant des trains qui contournent le Jutland et traversent les détroits du petit Belt et du grand Belt, puis du Sund, sur des bacs à vapeur; mais le trajet demande beaucoup plus de temps par cette voie.

Quand on se rend directement en Suède sans passer par le Danemark, il y a encore un trajet plus court que celui de Kiel, c'est de prendre un train allemand qui de Stralsund, plus à l'est sur la Baltique, se rend directement par une traversée sur un bac à vapeur, à Sassnitz, à l'extrémité de l'île de Rügen située juste en face de la pointe sud de la presqu'île scandinave à Trelleborg, que l'on gagne par un service de paquebots à marche rapide.

L'importance de la ville de Kiel s'est accrue de telle sorte qu'en 30 ans la population est passée de 24000 à 90000 habitants, sans compter la banlieue, où résident de nombreux ouvriers. La partie ancienne, et encore la plus animée de la ville, s'étend au fond d'un havre étroit (ce n'est pas un estuaire de rivière, mais un simple golfe de 10^{km} de long et de 2^{km} à 1^{km} de largeur) sur 3^{km} de la côte ouest (*voir* plan de la figure 2) et sur 1^{km} à $1^{km},5$ de profondeur dans l'intérieur.

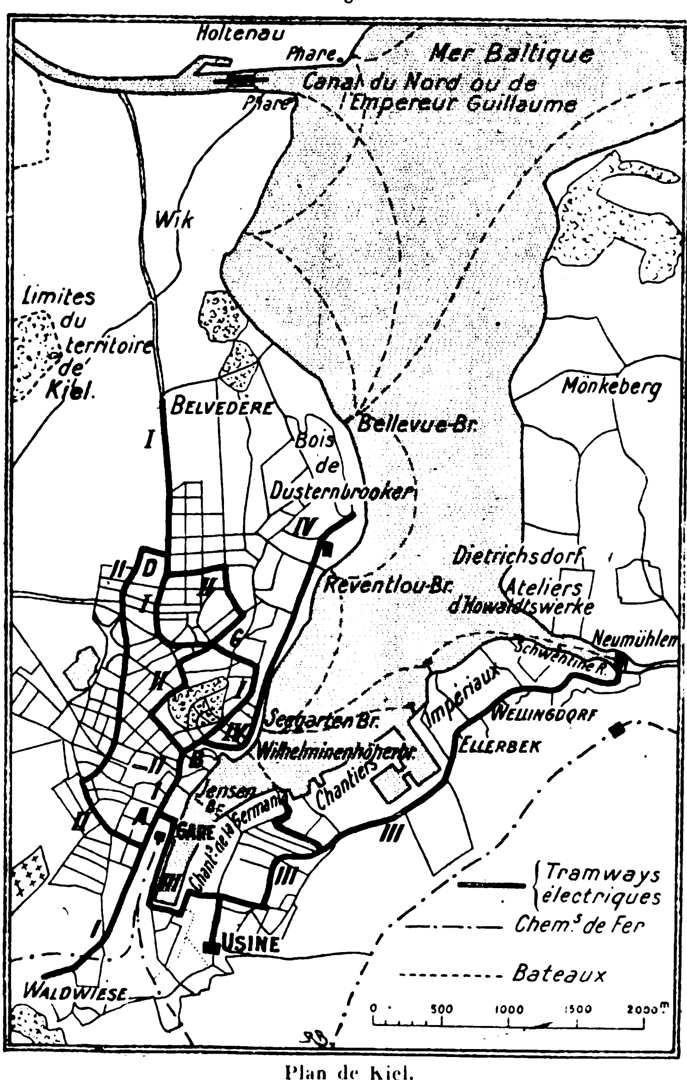
Le rivage ouest se continue par un bois et des promenades qui mènent agréablement jusqu'au faubourg de Wik, à 1^{km} de l'entrée du canal de l'empereur Guillaume, qui se trouve à Holtenau, à 7^{km} du fond du havre, et forme la limite du territoire de Kiel. Le canal ne comporte que deux écluses à ses deux extrémités; à Holtenau du côté de la Baltique et à Brunnsbüttel du côté de la mer du Nord; ces écluses énormes, qui peuvent contenir un cuirassé de 1re classe, sont manœuvrées par de puissants engins électriques. Du côté Est du havre s'étalent, sur plus de 3^{km} de rivages, les chantiers de constructions navales de la Germania et de l'État et les ateliers de Howaldt, près desquels se trouvent les villages d'Ellerbeck, Wellingdorf, Neumühlen et Dietrichsdorf. Au delà de la petite rivière la Schwentine, on rencontre sur la rive est une série de petits villages espacés qui constituent la banlieue de la ville; le bourg de Friedrichsort (qui dépasse les limites de la figure 2), sur la rive ouest, à 3^{km} au delà de l'entrée du canal d'Holtenau, peut également être considéré comme une banlieue de Kiel.

Toutes ces communes sont desservies par de petits bateaux à vapeur à passages fréquents, partant tous de l'embarcadère de Seegarten au milieu de la ville. Le prix du voyage vaut de 10 pfennigs ($0^{fr},12$) à 35 pfennigs ($0^{fr},43$) suivant la distance. La plupart de ces bateaux font escale aux deux pontons de Reventlou et de Bellevue, sur la rive ouest de Kiel, coût 10 pfennigs ($0^{fr},12$), avant de toucher à Holtenau, et ont constitué pendant longtemps les seuls moyens de transport de la ville. Encore actuellement ce n'est que par bateau qu'on peut aller directement aux deux phares situés à l'extrémité du canal, coût 25 pfennigs ($0^{fr},34$), et, quand on se trouve vers le centre de la ville, le moyen le plus pratique de se rendre aux divers chantiers de la rive opposée est de prendre le bateau à Seegarten (coût 10 pfennigs),

ou de traverser le fond du goulet à Wilhelminenhöhe ou à Jensen par de petits bateaux passeurs à 5 pfennigs ($0^{fr},06$).

On a reconnu pourtant, il y a quelques années, l'utilité de créer des tramways : d'abord pour desservir la gare (il n'y a qu'une seule gare à Kiel) qui se trouve près du fond du goulet où ne pénètrent pas les bateaux-mouches (parce qu'il est réservé aux grands services de paquebots), ensuite pour obtenir sur le rivage ouest et est des

Fig. 2.



Plan de Kiel.

transports plus rapides et surtout plus fréquents que les bateaux, et enfin pour desservir la portion ouest de la ville qui se trouve de 1^{km} à 2^{km} de distance du rivage. Tous les tramways ont une direction générale nord-sud. Il y a quatre lignes différentes : la ligne I, de 6^{km} de long, traverse la ville sur presque toute sa longueur puisqu'elle part de Waldwiese en deçà de la gare et se rend à Bellevue près du faubourg de Wik, en passant par la Bourse et le centre de la ville; la ligne II, dite circulaire, représentant aussi un développement de 6^{km}, emprunte en partant de la gare le trajet de la ligne I jusque vers la Bourse, traverse le centre de la ville en S, puis rejoint la gare par la partie ouest de la ville; la ligne III, de $5^{km},5$, part de la gare et longe les chantiers de la rive est jusqu'aux villages d'Ellerbeck, Wellingdorf et Neumühlen; la ligne IV longe le rivage ouest sur 2^{km}

depuis la Bourse jusqu'au bois de Düsternbrooker. Ce réseau, de près de 20^{km} de longueur totale, est entièrement à trôlet et alimenté par une usine située à l'extrémité sud de la ville près du fond du goulet.

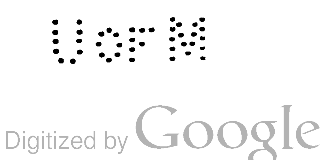
Il n'y a qu'un tarif unique de 10 pfennigs ($0^{fr},12$) donnant droit à la correspondance aux quatre points de croisement des lignes : à la gare A, à la Bourse B et aux carrefours C et D. Les voitures ont un arrêt obligatoire à ces quatre points. Elles ne s'arrêtent en cours de route qu'à des haltes déterminées et seulement à la demande des voyageurs (1).

La population de Kiel n'est pas assez forte pour donner naissance à un mouvement intense à toutes les heures de la journée. Aussi comprend-on qu'avec un réseau aussi étendu et un tarif très réduit la Société des tramways électriques ait cherché à obtenir une exploitation aussi réduite que possible. Elle y est arrivée d'une manière extrêmement curieuse en s'inspirant, paraît-il, des pratiques usitées en pays scandinaves et en les perfectionnant (2). Le personnel des voitures est réduit à sa plus simple expression : il comprend un mécanicien et c'est tout. Et le conducteu pour recevoir l'argent? C'est bien simple, *il n'y en a pas*. Chaque voyageur va déposer en entrant sa pièce de nickel de 10 pfennigs dans une urne placée au fond de la voiture. Il n'y a pas le moindre contrôle ; on se fie entièrement à l'honnêteté du public ; on ne peut même pas compter sur le contrôle collectif des voyageurs, car la correspondance se fait sans aucune formalité et, dans le cas où on l'utilise, l'on ne met rien dans l'urne en montant dans la seconde voiture. Il y a un employé servant surtout à donner des renseignements au public à chacun des quatre points de correspondance ; on aurait pu le charger de distribuer au voyageur descendant d'une voiture un ticket qu'il déposerait dans l'urne de la seconde voiture. Je crois que c'est un bon calcul de compter sur la loyauté du public et que cette pratique ingénieuse pourrait être imitée avec profit dans beaucoup de petites villes où les recettes ne sont guère rémunératrices. Sur les tramways de Kiel, non seulement les voyageurs ne sont pas tracassés, mais on pousse la sollicitude jusqu'à leur faire de la monnaie quand ils n'en ont pas. La manœuvre est tout à fait amusante : le voyageur s'avance au fond de la voiture, il dépose sur une planchette fixée contre la cloison de la plate-forme d'avant sa pièce de 1 mark ou 2 marks et appuie sur un timbre ; le mécanicien ainsi prévenu ouvre un guichet, prend la pièce d'argent, et referme le guichet après avoir déposé sur la planchette un sac fermé en papier contenant des pièces de nickel de 10 pfennigs (1 mark = 100 pfennigs) pour une valeur de 1 ou 2 marks.

(1) Dans presque tous les réseaux de tramways où l'on installe la traction mécanique, on enlève aux voyageurs la faculté de faire arrêter en des points quelconques du parcours, ce qui causerait des pertes de temps et d'énergie considérables. Cette faculté existe pourtant encore sur les tramways de Milan, où j'ai remarqué une disposition assez pratique. Des boutons correspondant à une sonnette électrique placée sur la plate-forme du mécanicien, sont disposés au nombre de 6 dans l'intérieur et de 2 sur la plate-forme d'arrière. Les voyageurs qui veulent descendre n'ont qu'à appuyer sur un de ces boutons pour faire arrêter la voiture sans avoir rien à demander au conducteur.

(2) Un ingénieur suédois que j'ai rencontré à Kiel m'a raconté qu'à Stockholm, ville comprenant de nombreuses îles, d'où l'épithète de Venise du Nord qui lui est octroyée, il n'y a presque jamais de receveurs sur les bateaux passeurs ; les voyageurs vont eux-mêmes déposer une pièce de 5 hellers ($0^{fr},05$), prix du passage, dans une urne, sans qu'il existe aucun contrôle ; s'ils n'ont pas de monnaie de nickel ils en demandent à leurs voisins. Sur certains tramways à chevaux de Stockholm, à tarif unique, on a trouvé un moyen ingénieux pour éviter le contrôle des conducteurs ; ceux-ci n'encaissent pas l'argent dans une sacoche, ils se contentent de présenter une urne dans laquelle chaque voyageur est invité en arrivant à déposer une pièce de 10 hellers ($0^{fr},10$ environ). Si le voyageur n'a que des pièces de 1 ou 2 couronnes (1 couronne = $1^{fr},05$ = 100 hellers) il demande de la monnaie aux conducteurs qui possèdent un stock de petits sacs fermés en papier renfermant des pièces de nickel pour 1 et 2 couronnes.

Ce même ingénieur m'a raconté aussi que les tramways électriques ne sont pas encore très nombreux à Stockholm, mais en revanche le téléphone y a pris un développement extraordinaire, comme il n'y en a pas d'exemple dans aucune autre ville d'Europe ni même d'Amérique. Non seulement il y a le téléphone dans toutes les maisons, mais on rencontre encore dans les rues des cabines permettant de téléphoner quelques minutes, après avoir mis une pièce de 10 hellers dans un appareil à prépaiement. Toutes les lignes, qui sont aériennes, à leur arrivée au Bureau central sont disposées artistiquement de manière à former une haute tour crénelée et, comme le Bureau se trouve déjà sur une hauteur, cette tour constitue, paraît-il, un véritable monument qui forme un point de mire aussi apparent que le Sacré-Cœur de Paris.



Par exemple, voilà un travail qu'il ne ferait pas bon demander à nos mécaniciens parisiens si fiers de leur fonction! Il faut reconnaître d'ailleurs qu'il serait dangereux de détourner de cette manière l'attention du mécanicien sur des lignes à circulation un peu intense et que l'on pourrait se dispenser de fournir de la monnaie aux voyageurs qui en feraient bien auprès de leurs compagnons de route s'ils n'en avaient pas; au pis aller le voyageur qui n'aurait pu se procurer de monnaie aurait toujours la ressource de ne pas payer, en déclarant vouloir verser une double obole à son prochain voyage, ce qu'il ferait réellement ensuite s'il voulait être en règle avec sa conscience.

Les fiacres, tous à chevaux et sans compteur, sont peu nombreux à Kiel. Les bateaux et les tramways offrent des facilités de transport suffisantes pour que l'on n'ait guère recours aux voitures particulières.

CH. JACQUIN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Sur quelques applications d'une propriété des dynamos en série, par O.-M. CORBINO. (*L'Elettricista*, 2ᵉ série, t. III, p. 2, 1ᵉʳ janvier 1904).

Si l'on fait tourner à vitesse constante une dynamo en série, avec inducteur et induit en fer très divisé, parcourue par un courant variable, elle développe une force électromotrice e variable, fonction croissante de l'intensité I. Pour les valeurs de l'intensité correspondant à la partie rectiligne de la caractéristique, $e = KI$.

Soient L et r l'inductance et la résistance de la dynamo, V_A, V_B les potentiels à ses bornes A et B, en considérant comme positif le courant dans le sens AB, on a

$$V_A - V_B = rI - KI + L\frac{dI}{dt},$$

ou

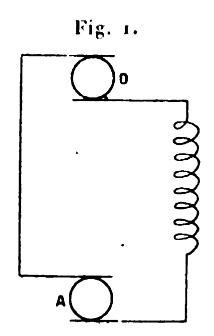
(1) $$V_A - V_B = -\rho I + L\frac{dI}{dt},$$

en posant $\rho = K - r$. La valeur de ρ est positive puisque K est plus grand que r aux vitesses pour lesquelles la dynamo peut donner le courant en court-circuit.

L'égalité (1) convient au cas d'un conducteur de résistance $-\rho$ et d'inductance L; par suite l'insertion de la dynamo dans toutes les dispositions plus ou moins complexes que présente l'étude des courants variables produit le même effet que l'insertion d'un conducteur inductif de résistance ohmique négative.

1. *Circuit fermé contenant une dynamo en série* D, *un alternateur* A *et une résistance inductive* (*fig.* 1). — Soit L l'inductance totale de tout le circuit; on fait tourner l'alternateur à vitesse constante de façon à produire une force électromotrice efficace constante. Soit $-\rho$ la résistance négative de la dynamo, R la résistance du reste du circuit, I l'intensité. On a

Fig. 1.



$$E - L\frac{dI}{dt} - (R - \rho)I = 0.$$

Posant

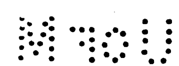
$$E = E_0 \sin\omega t,$$

on a

$$I = \frac{E}{\sqrt{(R-\rho)^2 + L^2\omega^2}} \sin(\omega t - \varphi),$$

(¹) L'Office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXᵉ), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Iᵉʳ). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.





où

$$\tang\varphi = \frac{L\omega}{R-\rho}.$$

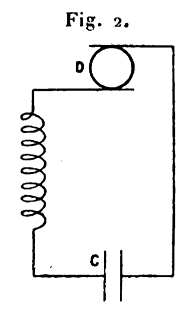
Si $R-\rho$ est positif, on se trouve dans les conditions ordinaires, sauf que φ a une valeur plus grande que celle que l'on aurait sans la dynamo. L'alternateur développe une puissance moindre, étant aidé par la dynamo.

Si $R=\rho$, le travail total est produit par la dynamo qui fonctionne comme générateur asynchrone tandis que l'alternateur donne seulement le courant déwatté et détermine la fréquence du courant.

Si $R-\rho$ est négatif, l'alternateur continue à donner la fréquence du courant, mais il fonctionne comme moteur, tandis que la dynamo fonctionne toujours comme générateur asynchrone et développe l'énergie électrique dépensée dans le circuit par effet Joule et celle recueillie par l'alternateur.

2. *Circuit contenant la dynamo, un condensateur et une résistance inductive* (*fig.* 2). — L, $-\rho$ et R représentent les mêmes quantités que ci-

Fig. 2.



dessus. C est la capacité du condensateur ; on donne à celui-ci une charge initiale Q, soit q la charge au temps t, l'équation de lord Kelvin devient dans ce cas

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + (R-\rho)\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0.$$

La résolution de cette équation peut être conduite comme dans le cas ordinaire, en tenant compte que $R-\rho$ peut être nul ou négatif. Supposons précisément ce cas et que $\sqrt{\frac{(R-\rho)^2}{4} - \frac{C}{L}}$ soit imaginaire, on a

$$q = Qe^{-\frac{R-\rho}{2L}t}\left(\cos\omega t + \frac{R-\rho}{2L\omega}\sin\omega t\right),$$

qui donne, si $R-\rho$ est négatif, pour les valeurs successives de q une série d'oscillations d'amplitude croissante.

Pratiquement l'amplitude est limitée parce que, par suite des propriétés magnétiques du fer des inducteurs, la force électromotrice de la dynamo n'est pas proportionnelle à l'intensité pour les intensités élevées et donc ρ n'est pas constant. De toute façon on peut prévoir la production d'oscillations persistantes non sinusoïdales.

Si $R=\rho$, ce que l'on peut obtenir sensiblement entre certaines limites de l'intensité, les oscillations seront sinusoïdales et persistantes avec période

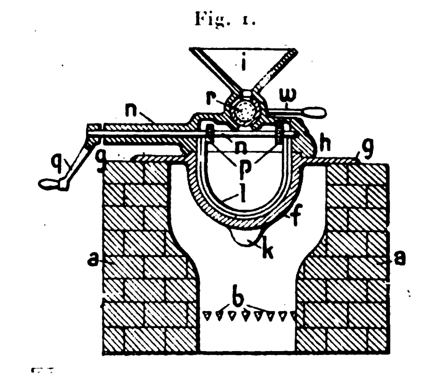
$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Ces deux derniers cas se présentent dans le dispositif Duddel par l'analogie de l'arc avec une résistance négative et l'on pourrait substituer à ce dispositif celui décrit ci-dessus. G.

Procédé et dispositif pour la régénération du plomb des vieilles plaques d'accumulateurs, par ELMER AMBROSE SPERRY. Brevet allemand 141225 du 20 mars 1900 (classe 40 *a*). (*Centralblatt für Accumulatoren, Elementen- und Accumobilenkunde*, t. IV, p. 173).

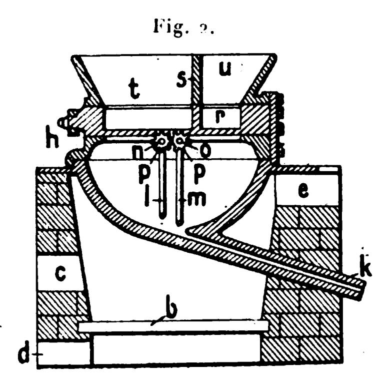
Contrairement aux procédés ordinairement employés, la réduction se fait ici à l'abri de l'air et sous agitation constante. Les figures 1 et 2 repré-

Fig. 1.



sentent des coupes transversale et longitudinale du four : a est le massif en maçonnerie, b les barreaux

Fig. 2.



de la grille, c et d les portes du foyer, e la sortie des gaz. La marmite de fusion f repose par ses oreilles g sur le massif; elle est munie d'un canal de coulée k

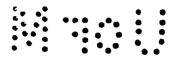


et d'un couvercle *h* qui porte une trémie de chargement *i*. Le dispositif d'agitation comprend deux étriers *l* et *m* portés par deux arbres parallèles *n* et *o* possédant deux pignons *p*. La manivelle *q* commandant l'un des arbres, l'autre prend un mouvement inverse et les deux étriers se meuvent dans deux sens différents en se croisant grâce à leur différence de longueur. La matière est ainsi fortement agitée au fond de la marmite. Le chargement se fait à l'abri de l'air. Pour cela, on utilise un cylindre *r* placé sous la trémie séparée en deux parties *t* et *u* par une cloison *s*. La partie *u* est calculée pour recevoir exactement la quantité nécessaire de réducteur. En tournant le cylindre *r* à l'aide de la manivelle *w*, il laisse tomber son contenu, c'est-à-dire la masse à fondre en même temps que le réducteur, dans la marmite. Le fonctionnement de ce four est continu, et l'on peut ainsi recueillir en plomb environ 90 pour 100 des déchets de plaques; ce plomb peut être employé à nouveau dans la fabrication des électrodes. L. J.

Mode de taille des filières destinées à la fabrication d'éléments de plaques d'accumulateurs. D'ARSONVAL. (BF. 328144 du 18 novembre 1902). — Le mode de taille dont il s'agit consiste à soumettre la barre du métal qui doit constituer la filière à l'action d'un outil présentant un grand nombre de lames coupantes dont l'épaisseur correspond à la longueur des espaces vides, et qui sont maintenues espacées les unes des autres par l'interposition de lamelles plus petites dont l'épaisseur correspond à l'épaisseur des ailettes de la filière. L'ensemble de ces lames coupantes, d'épaisseur excessivement faible, est maintenu dans un porte-outil. Au lieu de lames coupantes, on peut aussi employer des fraises-scies écartées par des rondelles. Le tout est serré entre deux disques et monté sur un arbre animé d'un mouvement de rotation. La pièce à travailler se déplace devant cet arbre.

Système de plaque d'accumulateur. CHAMARY. (BF. 333723 du 10 juillet 1903). — Pour constituer la plaque, on prend une feuille de plomb laminé (de $1^{mm},5$ d'épaisseur environ), découpée et perforée. On relève les côtés pour former une cuvette que l'on remplit de matière active (litharge pour les négatives et minium pour les positives). L'ensemble est ensuite recouvert d'une deuxième feuille de plomb laminé sur laquelle on rabat les bords saillants de la première feuille. Enfin on comprime à pression convenable et l'on ménage des perforations dans la masse. La plaque est trempée dans un bain d'ammoniaque, puis formée dans les conditions ordinaires. Comme connexions, on emploie des lames de plomb (de 4^{mm} d'épaisseur environ), soudées aux plaques par soudure autogène et qu'on assemble, pour la mise en tension des éléments, par un boulon.

Accumulateur électrique. MAX SCHNEIDER et JULIUS BEISSBARTH. (BF. 334298 du 30 juillet 1903). — L'électrode positive est composée de lamelles en forme d'entonnoir, pourvues sur leur face supérieure de nervures concentriques et de nervures radiales qui se croisent. Ces lames sont empilées en nombre considérable les unes sur les autres, autour d'un noyau cylindrique auquel elles sont soudées. On peut subdiviser ensuite le corps cylindrique de l'électrode par une ou plusieurs fentes verticales passant par l'axe de façon que la partie supérieure du noyau d'électrode reste en communication électrique avec les diverses parties de l'électrode. L'électrode négative est un cylindre concentrique, duquel partent des branches dont le nombre correspond à celui des fentes de l'électrode positive dans lesquelles ces branches sont reçues.



Perfectionnements dans les accumulateurs électriques. BECKER. (BF. 334600 du 12 août 1903). — Dans cet accumulateur, les plaques positives et négatives, au lieu d'être placées face à face, sont disposées par groupes, les positives et les négatives se faisant face entre elles par leur tranche. Les positives, d'une part, et les négatives, d'autre part, forment ainsi des rangées disposées parallèlement les unes aux autres. Les plaques peuvent reposer par des talons sur le fond du bac que de petites cloisons divisent en augets de façon à éviter les courts-circuits. Cette disposition a été réalisée en vue de rendre l'élément plus robuste et d'éviter les inconvénients du gondolement des plaques. Quand celui-ci se produit ici, il n'en résulte pas de court-circuit puisque ce sont des plaques de même polarité qui se touchent.

Nouvelle plaque négative pour accumulateurs électriques. ALEXANDRE GRAMMONT. (BF. 334659 du 17 août 1903). — La gaine de la plaque négative est formée d'une toile tissée avec des fils d'un nouvel alliage à base de plomb, d'antimoine et de sodium. On découpe la toile de dimensions voulues, soit en biais, soit en droit fil, et, après avoir replié cette toile sur un mandrin *ad hoc* et mis le tout dans un moule approprié, on coule autour, sur les trois côtés, du plomb en fusion qui soude les fils et forme comme une nervure. On remplit ensuite la gaine d'oxydes, d'après les procédés ordinaires, puis, quand la pâte est sèche, on coule un support en plomb antimonieux ou en nouvel alliage sur la partie supérieure de la plaque, de façon à former la prise de courant. Le nouvel alliage dont il s'agit fait l'objet du brevet français 332605 du 25 mai 1903 (nouvel alliage métallique Routin et Mourraille). Cet alliage, dénommé *pontinium*, offrirait, d'après les inventeurs, une plus grande ténacité et une plus grande ductilité que le plomb, tout en restant aussi malléable. D'une manière générale, sa résistance mécanique serait double de celle du plomb; son coefficient d'allongement varierait de 20 à 30 pour 100. On peut le travailler à la presse à plomb et obtenir notamment des tuyaux qui, à dimensions égales, peuvent supporter des pressions deux fois plus élevées que les tuyaux en plomb. On peut en faire des feuilles très minces et des fils très ténus. Cet alliage peut se souder autogènement avec le fer à souder ordinaire; il n'est pas nécessaire d'employer le chalumeau. L'alliage possédant au plus haut degré les avantages ci-dessus indiqués a comme composition chimique :

$$Pb\ 1000, \quad Sb\ 15, \quad Na\ 1.$$

On peut augmenter la dureté de l'alliage en augmentant la proportion d'antimoine jusqu'à $\frac{3}{100}$ et celle du sodium jusqu'à $\frac{5}{1000}$ du poids total de l'alliage. Cet alliage peut se fabriquer en fondant l'antimoine, en y ajoutant le plomb puis, en projetant la proportion de sodium. On brasse alors énergiquement et l'on coule de suite. On peut aussi fabriquer séparément l'alliage antimoine-sodium qu'on coule dans le plomb en fusion. Après brassage énergique on effectue immédiatement la coulée.

Enveloppe isolante pour accumulateurs électriques. CH. JEANTAUD. (BF. 335088 du 8 septembre 1903). — On prépare un fil d'amiante en l'imprégnant préalablement d'une matière isolante telle qu'un carbure d'hydrogène inerte (vaseline, paraffine, goudron, etc.). Cette opération a pour but de préserver l'amiante de la métallisation que l'on constate ordinairement pendant le fonctionnement, tout en lui laissant ses qualités d'isolement et d'inattaquabilité à l'acide. Le fil ainsi préparé est enroulé horizontalement

autour de la plaque de façon à la revêtir complètement. Pour maintenir ce fil, un petit étui en celluloïd sertit le bas de la plaque. Cet étui est maintenu par des baguettes de celluloïd qui embrassent la plaque dans le sens de la hauteur et dont les extrémités sont soudées à l'étui. De plus, ces baguettes sont collées à l'acétone sur toute leur longueur sur les fils d'amiante. Elles maintiennent donc en place des fils d'amiante et servent en même temps à écarter les plaques entre elles.

Perfectionnements dans les accumulateurs au plomb. Rosset. (BF. 328151 du 24 novembre 1902). — M. Rosset augmente la capacité avec la vitesse de réaction par trois moyens : 1° état très divisé de la matière; 2° action catalytique obtenue par addition à la matière active d'un corps qui accroît la vitesse de réaction (particulièrement l'acide acétique); 3° élévation de température. On précipite du plomb électrolytique d'une solution d'acétate de plomb, entre électrodes de plomb. Le plomb se dépose en feuilles de fougère que l'on racle. On lave ce plomb, on le fait sécher puis on le chauffe à l'air de façon à l'oxyder. Après pulvérisation et tamisage, la poudre fine que l'on obtient est malaxée avec de l'acide sulfurique. La grille garnie de cette pâte est comprimée à la presse hydraulique, On obtient ainsi déjà une plaque donnant une grande capacité, sans formation préliminaire. On peut former cette plaque en la chargeant dans une solution de sulfate, bisulfate, pyrosulfate ou persulfate alcalin de concentration faible (2 à 3 pour 100), additionnée d'acide acétique ou d'acétate alcalin. Pour obtenir une capacité plus élevée, on chauffe la batterie. Enfin, on peut aussi accroître la capacité en augmentant la concentration de PbO^2 et de Pb dans les électrodes. Il suffit pour cela d'accroître la pression extérieure, et, par conséquent, d'opérer en vase clos. On augmente en effet de cette façon la pression osmotique des ions hydrogène et hydroxyle.

L. J.

Groupe électrogène Peter Brotherhood pour éclairage des navires. (*Engineering*, t. LXXVII, p. 530-532, 15 avril 1904). — Ce groupe a une puissance de 150 kw; sa machine à vapeur, verticale, est à deux cylindres à double effet agissant en compound; son régulateur, monté à l'extrémité de l'arbre, a été étudié en vue de rendre insensibles les oscillations de la vitesse quand la charge de la dynamo varie brusquement. L'article donne une vue, une coupe longitudinale, et une coupe transversale du groupe, ainsi que 5 figures de détail du régulateur et de la valve d'admission qu'il commande.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : Allgemeine Elektricitaets Ges. DRP. 151153, 3 juil. 1903 (régulateur pour dynamos); DRP. 151356, 1er août 1903 (compoundage). — Bergmann-Elektricitaets Werke Ges. DRP. 149819, 7 avril 1903 (enroulement). — Bulock. USAP. 753356, 21 août 1903 (porte-balais). — Bunning. USAP. 752820, 5 oct. 1903 (balais) — Crompton et Co. DRP. 150993, 1er sept. 1903 (compoundage). — De Witt. USAP, 13 oct. 1903 (porte-balais). — Elektricitaets Aktiengesellschaft, vormals Kolben et Cie. BF. 338401, 16 nov 1903 (procédé pour la réduction des courants de compensation dans les alternateurs en parallèle). — Fawkes. USAP. 755367, 1er juin 1903 (machine statique). — Foot. USAP. 753886, 24 juin 1903 (porte balais). — General Electric Cy. BP. 1068, 1903 (alternateur); BP. 3158, 1903 (appareil pour bobinage); BP. 5291, 1903 (dynamo). — Heinrich. DRP. 150209, 11 juil. 1903 (enroulement). — Hiller. DRP. 150413, 16 mai 1903 (machine électrique). — Holzwarth. USAP, 752168, 21 nov. 1903 (dynamo). — Le Pontois. USAP. 752691, 22 août 1903 (alternateur pour allumage de moteur); USAP. 752692, 7 nov. 1903 (magnéto-alternateur polyphasé). — Liebreich. USAP. 752236, 29 juin 1903 (générateur électrique). — Lindeman. USAP. 753278, 11 avril 1903 (enroulement), — Lundell. DRP. 150169, 19 mai 1903 (machine électrique). — Mc Elroy. USAP. 753422, 11 nov. 1902 (enroulement). — Mc Lean. BP. 8054, 1903 (balais). — Merrick. USAP. 755029, 9 nov. 1899 (enroulement). — Milne. BF. 336761, 17 nov. 1903 (perfect. dans les appareils électriques générateurs de force et de lumière). — Nodon. BF. 337682, 10 déc. 1903 (procédé et appareil pour la transformation directe de la chaleur en électricité). — Noodt et Meyer. DRP. 151383, 22 juil. 1902 (enroulement). — Parsons. DRP. 151152, 4 mars 1903 (mise en marche d'une génératrice). — Pelton. USAP. 753429, 29 sept. 1902 (générateur électrodynamique). — Porsche et Lohner. USAP. 755537, 11 juil. 1902; DRP. 151357, 11 nov. 1903 (dynamo). — Roycourt. BF. 338497 17 nov. 1903 (dispositif assurant l'indépendance de chacun des disques d'une machine électrostatique). — Schœller. BP. 25389, 1903; BF. 338447, 3 déc. 1903 (magnétos). — Siebert. DRP. 151354, 2 nov. 1902 (générateur à courants polyphasés). — Siemens et Halske. DRP. 150990, 9 janv. 1903 (turbines à vapeur commandant les machines électriques). — Société Aktiengesellschaft Brown, Boveri et Cie. BF. 336772, 18 nov. 1903 (ventilation pour machines). — Stanley et Kelly. DRP. 151353, 28 août 1902 (excitation des alternateurs). — Union Electricitaets Ges. DRP. 151013, 6 juil. 1902 (réglage des machines asynchrones à courant alternatif). — Westinghouse Electric Cy. DRP. 149921, 9 juil. 1903 (armature). — Young. USAP. 752634, 22 mai 1903 (commutateur de dynamo). — Ziehl. DRP. 150992, 19 avril 1903 (excitation de l'inducteur des machines électriques).

Machines transformatrices : Becker. BF. 336762, 17 nov. 1903 (trembleur pour bobine). — Day. USAP. 752528, 6 juil. 1903 (dispositif protecteur pour survolteurs). — De Faria. BF. 336749, 17 nov. 1903 (transf. de courant alternatif en continu). — Gaiffe. BF. 337688 et 338014, 12 et 24 déc. 1903 (dispositif pour transformateurs à haut potentiel et haute fréquence). — Helios Electric Ges. DRP. 150329, 3 déc. 1902, (condensateur). — Lind. DRP. 151150, 20 août 1903 (vibrateur). — Mc Curdy. USAP. 752105, 24 avril 1902 (transformation). — Miller. BF. 338028, 26 déc. 1903; USAP. 754666, 7 janv. 1904 (bobine d'induction) — Strasser. DRP. 151414, 21 oct. 1903 (transformateur). — Waters. USAP. 753944, 5 mars 1903 (enveloppes à courant d'air pour transformateur).

Piles : Atwood Electric Cy. BF. 338414, 21 déc. 1903 (dissolutions pour piles à liquides). — Bremer. DRP. 150661, 14 janv. 1902 (pile thermique). — Delafon. BF. 336961, 27 oct. 1903 (pile à sulfate de cuivre). — Dercum. DRP. 150552, 15 mai 1900 (pile). — Heinz. BF. 337570, 10 déc. 1903 (pile). — Le Roy. BF. 338384, 20 mars 1903 (pile thermique). — Piqueur. DRP. 150911, 10 janv. 1903 (élément zinc-charbon). — Reculez. BF. 336805, 12 sept. 1903 (pile hermétique). — Schauli et Lorwenstein. BP. 23289, 1902 (pile sèche). — Wiechmann. DRP. 150831, 27 mai 1903 (plaque de pile).

Accumulateurs : Burt. USAP. 754969, 13 août 1903. — Compagnie générale de Traction. BF. 338620, 20 oct. 1903. — Ebstein. BF. 337855, 19 déc. 1903. — Edison. USAP. 754858 et 754859, 28 nov. 1902. — Electric Boat Cy. BF. 338233, 14 déc. 1903. — Fennell et Perry. BP. 6145, 1903. Kamperdik. BF. 338008, 24 déc. 1903. — Kraus. BF. 337861, 19 déc. 1903. — Lake. USAP. 755142, 17 déc. 1903. — Nezeraux. BF. 336971, 4 nov. 1903. — Print et Vinve. BP. 18934, 1903. — Ramsbottom et Richardson. BF. 337523, 8 déc. 1903. — Rosset. BP. 23482, 1903. — *Electrodes*: Atkins. USAP. 753819 et 754114, 8 avril et 6 oct. 1903. — Edison. DRP. 7 janv. 1903. — Diamant. BF. 338418, 26 déc.

8..



1903. — Frank. USAP. 753383, 2 mai 1903. — Lejeune. DRP. 150620, 5 oct. 1902. — Muller. DRP. 151351, 20 août 1903. Palestini. BF. 338100, 27 nov. 1903. — Roselle. BF. 338646, 16 nov. 1903. — Siemens et Halske. DRP. 150833, 22 mars 1903. — Von der Poppenburg. DRP. 150880, 5 avril 1903; BP. 9390, 1903. — *Divers*: De Sainville. BF. 438552 et 338553, 31 déc. 1903 (contrôleur automatique pour la charge des accumulateurs). — Muller. USAP. 754081, 24 oct. 1903 (dispositif pour arrêter la charge).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

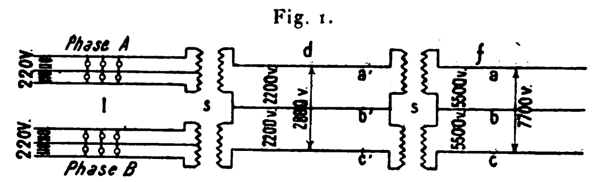
Mise à la terre des systèmes à tension constante, par S.-B. HOOD. (*Electrical World and Engineer*, t. XLIII, p. 353-355, 20 février 1904).

Cette mise à la terre a pour objet de prévenir, dans tous les cas, l'élévation de la tension au-dessus de la tension normale. Quand la distribution possède un point neutre, ce dernier est tout indiqué pour la prise de terre; dans les autres cas, ou bien l'on crée un point neutre artificiel, ou bien l'on réunit à la terre l'un des conducteurs. Pour mettre en lumière l'effet de cette terre, l'auteur prend comme exemple un système de distribution souvent adopté dans les grandes installations (*fig.* 1). Si dans un tel système tous les conducteurs sont normalement isolés, une terre accidentelle sur le conducteur a provoque une différence de potentiel de 5500 volts entre la terre et b, et de 7700 volts entre la terre et c; il en est de même pour une terre sur le conducteur c. Mais une terre, sur le conducteur b, n'entraîne jamais qu'une différence de 5500 volts entre la terre et les conducteurs a et c respectivement; il semble donc rationnel de mettre à la terre le conducteur b d'une façon permanente si l'on veut éviter des élévations anormales de tension. Malheureusement, la mise à la terre sur le système à haute tension doit être évitée pour d'autres raisons (¹).

L'auteur examine ensuite les effets d'une terre combinés avec ceux d'un contact entre les feeders à haute tension et la distribution primaire. Si les deux systèmes sont isolés, un contact entre c et c' ne donne aucune perturbation; mais si une terre se produit sur a, les différences de potentiel entre la terre et les conducteurs c', b' et a' seront respectivement de 7700, 9900 et 10580 volts. Ce cas est le plus défavorable et entraîne nécessairement une rupture de l'isolation sur le système primaire. Si la distribution possède un isolement supérieur, la rupture se produit entre les enroulements des transformateurs de distribution et entraînera une différence de potentiel variant de 2620 à 10580 volts entre l'installation de l'abonné et la terre. Si de tels accidents sont rarement reconnus, c'est que les lignes sont très souvent plus mal isolées que les enroulements des transformateurs; en outre, il est très difficile de vérifier l'origine des terres sur une installation privée.

En cas de mise à la terre permanente du conducteur b', tout contact entre la distribution primaire et les feeders de haute tension (*fig.* 1) entraînera la

Fig. 1.



f, Feeders haute tension. — *s*, Transformateurs réducteurs. — *d*, Distributeurs primaires. — *l*, Ligne secondaire, *b*, *t*, à trois fils.

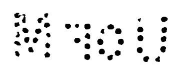
mise à la terre du feeder à haute tension intéressé par le contact, soit directement par la terre du conducteur b', soit par des enroulements du transformateur rattachés à a' ou à c'. Un tel accident ne peut donc pas s'étendre au système à basse tension, ni causer de grands dommages au système primaire intermédiaire. Si b et b' sont tous deux à la terre, l'accident se borne au contact lui-même. Il en est de même dans le cas d'un contact entre le système intermédiaire et la basse tension.

Ce qui précède montre que la mise à la terre est le seul moyen d'empêcher la différence de potentiel entre les divers conducteurs et la terre de s'élever au-dessus de la tension normale de distribution; et que, de plus, cette mesure s'impose quand la distribution considérée est reliée à un système à haute tension, ou quand elle est seulement située dans son voisinage immédiat (¹).

(¹) Dans la plupart des distributions à haute tension, les lignes sont souterraines; les premiers câbles installés ne présentaient entre les conducteurs et la terre qu'une isolation prévue pour la tension normale. Une terre sur un point quelconque du système provoque, dans ces conditions, une élévation de tension entre un des conducteurs et la terre supérieure à celle que prévoit l'isolation. Aussi est-il de toute nécessité de donner aux conducteurs la même isolation entre le cuivre et la terre qu'entre les conducteurs deux à deux. L'existence d'anciens câbles dans la distribution empêche la mise à la terre d'un des conducteurs, jusqu'à ce que ces câbles aient tous été remplacés. Avec la mise à la terre d'un des conducteurs, qui, par suite, n'a pas besoin d'être isolé, un supplément d'isolation peut être reporté sur les autres conducteurs sans augmenter le prix du câble.

Les mêmes considérations s'appliquent aux lignes de distribution à tension moyenne (2200 volts) (*fig.* 1), quoique les chances de rupture diélectrique y soient un peu moindres.

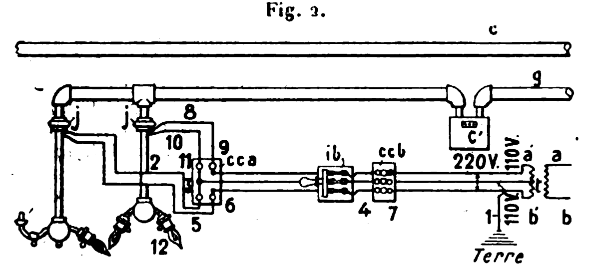
(¹) L'exemple choisi est celui d'une distribution biphasée à trois fils, qui présente les conditions les plus défavorables; les distributions monophasée, triphasée, en étoile ou en triangle, ou une combinaison des deux dernières, donnent lieu à des différences de potentiel maxima un peu moindres.



L'auteur se propose maintenant de considérer les effets d'une mise à la terre du système à basse tension. Il pose en principe que toute installation absorbant plus de 660 watts doit être établie en trois fils, et, s'il y a un récepteur unique d'une puissance supérieure, il devra être connecté aux conducteurs extrêmes. La distribution à deux fils ne se prête pas commodément à la mise à la terre, parce que le conducteur à la terre transporte autant de courant que l'autre. Le fil neutre d'un trois-fils n'a à supporter qu'un courant généralement beaucoup moindre que les conducteurs extrêmes. Une rupture de ce fil entraîne moins de complications que sur une distribution à deux conducteurs; l'électrolyse des masses métalliques avoisinantes est moins à redouter, d'autant plus que le courant de terre du fil neutre change de sens à chaque variation d'une charge non équilibrée.

Dans le système à basse tension, représenté figure 2, l'auteur suppose la prise de terre 1 réalisée au moyen d'un tuyau ou d'une plaque enfouie dans le sol humide; la résistance d'une semblable terre sera rarement inférieure à 50 ohms. Si *b* est à la terre (*fig.* 2) un contact entre *a* et *a'* entraînera la circulation d'un courant de 46 ampères à la terre, avec une tension de 2130 volts. Sur un branchement primaire ou un transformateur privé, ce courant suffira généralement pour faire fonctionner les coupe-circuit primaires. Mais si *a* est un distributeur principal, ce courant subsistera, ainsi qu'une tension de 2090 à 2130 volts, entre tout le système secondaire et la terre. Cette même tension existe également sur le conducteur de terre, qui généralement n'est pas isolé et qui expose, par suite, les personnes à de graves accidents (1).

Fig. 2.



c, Conduite d'eau. — *g*, Conduite de gaz. — *c'*, Compteur. — *j*, Joints isolants. — *cca*, Coupe-circuits d'appareils. — *ccb*, Coupe-circuit de branchement. — *ib*, interrupteur de branchement. — *t'*, Transformateur.

(1) L'auteur cite à ce sujet l'exemple d'un cheval qui, se trouvant dans la direction d'un conducteur de terre relié aux rails d'un tramway, fut instantanément tué sans avoir touché ni le fil de terre, ni les rails, par le seul effet de la différence de potentiel entre ses sabots de devant et de derrière.

Si, dans l'état de choses précédemment considéré, on suppose que l'isolation soit détruite en un point tel que 2 (*fig.* 2) et qu'une liaison de faible résistance s'établisse entre l'installation et les conduites avoisinantes, il en résulte un court-circuit à 2130 volts sur l'installation et la fusion des coupe-circuit 3 et 4; la tension élevée provoquera sans doute un arc et un commencement d'incendie en ces points, avant le fonctionnement des coupe-circuit sur *a-b*. Ce cas est identique à celui où la terre 1 aurait été omise ou coupée. Il ressort clairement de cet examen que si la terre, sur le système à basse tension, peut, dans quelques cas, offrir une certaine protection, cette sécurité est en général illusoire, et que la mise à la terre comporte une série d'inconvénients qui doivent la faire rejeter.

Si l'on suppose maintenant que les feeders secondaires ne présentent aucun contact avec le reste de la distribution, et si l'on suppose une terre en 5 sur le fil *b'*, il y aura un circuit fermé entre la terre permanente et la terre accidentelle, avec une résistance d'au moins 50 ohms, en négligeant la résistance des conducteurs. D'où il résulte un courant de 2 ampères incapable de fondre des coupe-circuit en 6 ou 7, et sans que rien ne révèle cet accident. De plus, tous les points de *a'* se trouvent à un potentiel de 220 volts au-dessus de celui de la terre, et ceux du fil neutre à 110 volts; tout se passe comme si la terre en 1 n'existait pas. Une terre en 8 sur le fil *a'* provoquera un court-circuit à 220 volts entre 5 et 8, et probablement la rupture du circuit en 6 et 9. Les fusibles, en ces points, ne pourront être remplacés avant la suppression de la terre accidentelle. Si on la supprime en 5, son existence en 8 laissera le système dans les mêmes conditions sur l'autre pont des trois fils.

Si une terre existant en 5, une autre se produit au point 10, il y aura un court-circuit à 110 volts, entre le fil neutre et *b'*. Le monteur chargé de la réparation ne découvrant pas les terres, intervertira les circuits en plaçant le fil 5 dans la borne 3, et le fil 2 dans la borne 6 du coupe-circuit. Il y aura alors deux terres permanentes et effectives sur le neutre, rendant inutile la terre 1 jusqu'au jour où un contact aura lieu entre le système à basse tension et un fil à haute tension, avec les accidents que l'on prévoit aisément.

Un autre accident assez fréquent se produit par la fusion du coupe-circuit 11, avant celle des fusibles 6 et 7, d'où il résulte l'application d'une tension de 220 volts sur tous les récepteurs du circuit 12.

Si la prise de terre 1 était effectuée sur un système de canalisation souterraine, sa résistance ne serait pas supérieure à 1 ou 2 ohms, et un contact avec un circuit à haute tension aurait pour effet

immédiat de provoquer le fonctionnement des appareils de protection et d'empêcher la haute tension d'atteindre les installations intérieures avant l'action des coupe-circuit. Dans ce cas, il sera impossible de remplacer les fusibles avant la suppression des terres sur le circuit extérieur. On pourra se débarrasser de ces terres en intervertissant les fils, ce qui placera la terre sur le neutre sans grand inconvénient, en raison de la faible résistance de la terre permanente.

Une terre permanente sur le neutre doit donc être de faible résistance et ne peut être obtenue que sur une canalisation d'eau, de gaz ou de vapeur, et l'auteur recommande de faire cette connexion du côté de la prise d'eau ou du compteur à gaz qui appartient à l'installation. Il est bon de relier électriquement les raccords des compteurs à gaz, ainsi que les canalisations de gaz et d'eau entre elles.

Le bon fonctionnement d'un système à trois fils exige que le conducteur neutre ne soit jamais en solution de continuité, si l'on veut éviter l'application aux récepteurs de la tension totale. Aussi l'auteur critique-t-il les règlements qui imposent l'existence de fusibles et d'interrupteurs sur le neutre. Les appareils de sécurité doivent tous être placés sur les conducteurs extrêmes, et le fil neutre mis à la terre à tous les centres de distribution et aux branchements, si l'on y dispose d'une canalisation d'eau ou de gaz. Un tuyau de 10^{mm} peut supporter 50 ampères; d'autre part, le fil neutre n'a à supporter que le 25 pour 100 au plus du débit; de sorte qu'en cas d'interruption du neutre, le tuyau sur lequel se ferme le circuit neutre, grâce à la terre, peut supporter un débit correspondant à 800 lampes. Il n'en faudrait pas conclure que les conduites peuvent être employées normalement comme conducteur neutre. Étant en quantité avec le fil neutre, elles supportent évidemment une fraction du courant. Si elles présentent une interruption ou un joint défectueux, le courant y est réduit d'autant et croît dans le fil neutre. Il est excessivement rare qu'une interruption se produise à la fois sur les conduites et le fil neutre; les effets qui en résulteraient, pour les récepteurs, attireraient aussitôt l'attention sur le fait.

Il n'y a évidemment aucun danger pour les personnes à connecter le fil neutre aux conduites; d'autre part, toute isolation de ce fil neutre est une dépense inutile. Ce dernier peut être placé le long des édifices ou dans une canalisation souterraine; mais l'auteur recommande la soudure des joints, de préférence aux assemblages par vis. Les interrupteurs ne devant jamais être placés sur le neutre, ils sont bipolaires sur les lignes à trois fils et simples sur les branchements. On évite de la sorte les courts-circuits sur des interrupteurs doubles ou triples mal entretenus, et l'on rend inoffensive une terre sur un appareil d'éclairage en coupant le fil extérieur (1).

Des considérations précédentes, l'auteur déduit quelques règles à suivre pour les installations intérieures, avec la conviction que la sécurité qu'elles procurent finira par vaincre la répugnance du grand public pour la mise à la terre permanente du conducteur neutre. P.-L. C.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes de transmission et distribution : CREVELING, USAP. 751429, 10 mai 1901. — GENERAL ELECTRIC CY. BF. 1063, 1903. — GILL. USAP. 754133, 5 sept. 1900 (à courants alternatifs). — MOORE, USAP. 755032, 18 avril 1903 (par ondes électriques). — OSBORN-MORGAN CY. BP. 2256, 1903.

Canalisations : *Conducteurs* : BEAU. DRP. 150853, 3 juil. 1902. — BORG. DRP. 150637, 16 déc. 1902. — CHARPENTIER, BF. 336733, 26 janv. 1903 (câble à armature imperméable avec ou sans circulation de gaz secs). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 4346, 1903 (cond. isolés); BP. 7135, 1903 (cond. isolés). — HARDINGHAM. USAP. 754997, 21 mars 1903 (cond. flexibles). — HOLMES. USAP. 75?840, 27 janv. 1902 (cond. flexible). — KABELFABRIK A.G. DRP. 149939, 11 avril 1902.— KABELWERK-RHENDT A.-G. DRP. 150545, 27 sept. 1901. — *Supports et conduites* : BULLARD. USAP. 754123, 26 oct. 1903 (isolateur). — HUNT. USAP. 753398 et 753399, 8 nov. 1902 (isolateur).— KRANTZ. USAP. 753714, 9 sept. 1903 (conduite) — LEARNED. USAP. 753595, 8 sept. 1903 (joint de conduite isolante). — Mc FARLANE. USAP. 754884, 3 juin 1903 (attache). — SCHUTZ. DRP. 150019, 9 août 1903 (mât de verre).— VILLARD. USAP. 751228, 5 août 1902 (support) — WEIROWSTY. DRP. 149988, 30 janv. 1902 (tubes isolants pour cond. souterrains). — WILLITZ. USAP. 755092, 17 oct. 1903 (attache). — WHITE et CY, BP. 4675, 1903 (canalisations). — *Isolation* : HEANY. USAP. 754868, 10 mai 1902. — RUPLEY. USAP. 752592, 15 juill. 1903.— *Connection* : FELTEN

(1) Les appareils d'éclairage mixtes, tels que les lustres à gaz équipés électriquement, présentent, par suite de la défectuosité même de cet équipement, des chances continuelles de mise à la terre d'un des fils. Si ce fil est un conducteur extérieur du trois-fils, il tend à se produire un court-circuit que l'on a coutume de prévenir en plaçant un joint isolant entre l'appareil et la conduite. Or, le gaz finit, à la longue, par laisser un dépôt charbonneux sur ce joint, soumis à une différence de potentiel de 110 volts; il en résulte une légère dérivation de courant qui ne fait qu'activer le dépôt, jusqu'à ce que l'échauffement devienne suffisant pour détruire l'étanchéité du joint et enflammer le gaz. L'existence de ces joints constitue l'une des causes les plus sérieuses d'incendies dus aux installations électriques, et doit être condamnée à tout prix, que le neutre soit ou non à la terre. L'auteur recommande d'exécuter la suspension de ces appareils au moyen d'un assemblage massif en bronze et pourvu d'une prise de courant pour le fil neutre, qui sera un fil de cuivre nu attaché extérieurement et courant le long de l'appareil depuis l'assemblage jusqu'aux douilles des lampes. Une installation de ce genre est garantie de tout danger provenant de la foudre ou du contact avec un système à haute tension; une terre sur les fils extrêmes du pont ne peut y subsister, et la disposition précitée du fil neutre laisse plus de place pour le conducteur isolé sur les appareils mixtes.



et GUILLAUME. DRP. 151 012, 21 juin 1902. — HOFMAN. BP. 1077, 1903. — THOMAS. USAP. 753759, 15 juil. 1902.

Prises de courant : ALLEN. USAP. 754111, 12 déc. 1903 (boîte de jonction). — BOSSERT. USAP. 754414, 19 déc. 1903. — CHAMBERS. BP. 7335, 1903. — COUVERCHEL. BF. 337847, 19 déc. 1903. — FIELDING. USAP. 752833 et 752834, 27 juin 1903. — GOODRIDGE. USAP. 754863, 9 oct. 1903. — HELIOS ELEK. GES. DRP. 150094, 20 juin 1903. — KRANTZ. USAP. 752456, 24 oct. 1903. — RUSSELL. USAP. 755048 et 755393, 2 et 6 nov. 1903. — SCHNEIDER. USAP. 754018, 11 août 1903. — SUSE. DRP. 149817, 31 déc. 1902. — WILLAY. DRP. 150734, 3 juin 1903.

Interrupteurs : ARZENS. BF. 337586, 11 déc. 1903 (dispositif à secret pour blocage des interrupteurs). — CLAIR. BF. 337486 et 338286, 1er et 7 déc. 1903 (interr. automatique). — COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON HOUSTON. BF. 338663, 23 déc. 1903. — KUHLO. DRP. 151257, 22 fév. 1903. — WOLF, DRP. 151201, 10 mars 1903.

Commutateurs : ACHARD. USAP. 752942, 17 mai 1902. — ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GES. DRP. 150912, 19 août 1903. — BILL et ABBOT. BP. 2343, 1903. — COLE. USAP. 755563, 15 juil. 1903. — DODGE. 752531, 23 oct. 1903. — FISCHER. DRP. 151277, 9 oct. 1902. — GOLDBERG. USAP. 750845, 26 nov. 1902. — HART. USAP. 753881, 18 avril 1903. — HENS. DRP. 149896, 20 mars 1903. — HEYWOOD. BP. 3825, 1903. — HUNTER, BP. 27196, 1903. — HUNTER et HULME. BP. 1776, 1903. — KABELWERK RHENDT A.G. DRP. 151350, 13 sept. 1903. — LEITNER et LUCAS. BP. 4732, 1903. — PARRY. BP. 3164, 1903. — PECK. USAP. 755165, 21 sept. 1903. — PETSCH ZWIESTUSCH et Cie. DRP. 150660, 11 déc. 1902. — PIEPER. BP. 7827, 1903. — ROLTIN. DRP. 150044, 19 oct. 1902. — SPERRYN et WOOD. BP. 6434, 1903. — SWOBODA. USAP. 752125, 22 déc. 1902. — URNHEIM. DRP. 150386, 10 avril 1903. — WOIGT et HAEFFNER. DRP. 150208, 5 déc. 1902.

Résistances et rhéostats : BARCLAY. USAP. 753533, 9 sept. 1903. — EASTWOOD. USAP. 755468, 21 déc. 1903. — HANKIN. BF. 336637, 7 nov. 1903. — LAMAR LYNDON. USAP. 754660, 8 août 1902. — LÉONARD. USAP. 753716, 3 févr. 1903 (résistance en charbon). — MARE. DRP. 151510, 28 avr. 1902. — PITRAT. USAP. 754692, 8 août 1903. — RICHMOND. USAP. 753916, 10 juil. 1903. — WESTON. BP. 13027, 1903.

Coupe-circuit : BADEAU. USAP. 752192, 12 août 1903. — BELLIOL. BF. 337822, 17 déc. 1903. — BROWN BOVERI et Cie. BP. 15500, 1903. — CHEYNEY. USAP. 755358, 2 déc. 1903. — ELEKTRICITAETS A.-G. worm LAHMEYER et Cie. BF. 337437, 5 déc. 1903; DRP. 151468, 8 mars 1903. — GRIVOLAS. BF. 337963, 23 déc. 1903. — HART. USAP. 753258, 23 nov. 1903. — HARTMAN. USAP. 753704, 10 avr. 1902. — HETHERINGTON et BRITISH ELECTRIC TRANSFORMER CY. BP. 7568, 1903. — HEWLETT. USAP. 752552, 28 nov. 1898. — HUTCHINS. USAP. 755297, 15 mai 1903. — KRANTZ. USAP. 755141, 29 juin 1903. — MARSHALL. USAP. 754378 à 754380, 27 juin et 6 oct. 1903. — PARTRIDGE. BP. 7790, 1903. — POTTER. USAP. 754496, 10 fév. 1902. — SCOTT. USAP. 754505, 18 juin 1903.

Parafoudres : GOLA. DRP. 151011, 1er déc. 1901. — KEIFER. USAP. 753582, 30 juin 1903. — LAND UND SEEKABELWERKE A.-G. BF. 337038, 27 nov. 1903. — MANUFACTURE PARISIENNE D'APPAREILLAGE. BF. 337790, 16 déc. 1903.

Appareils divers : BLONDEL. BP. 13547, 1903 (régulateur de courant alternatif). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 7461, 1903 (protecteur pour circuit). — TRAUN UND SOHNE, vorm HARBURGER GUMMI-RAMM Co. DRP. 150498, 6 déc. 1902 (protecteur pour câble). — HORNSBY et ANGER. BP. 25222, 1903 (protecteur pour circuit). — LAHMEYER et Cie. BP. 26058, 1903 (arrête-étincelles). — SIEMENS SCHUCKERT WERKE. DRP. 150735, 19 juin 1903 (dispositif de sûreté pour conducteurs polyphasés). — WILHELMI. DRP. 150499, 14 mars 1903 (protecteur pour câble).

TRACTION.

Nouvelle prise de courant pour chemins de fer électriques, par E. THOMANN. (*Schweizerische Bauzeitung*, t. XLIII, p. 79, 13 février 1904).

La Société Œrlikon qui, on le sait, entreprend divers essais de traction électrique des chemins de fer, a créé un système nouveau de prise de courant étudié spécialement pour ce genre d'applications. Ce système, représenté schématiquement sur la figure 1, et en plan sur la figure 2, consiste en

Fig. 1.

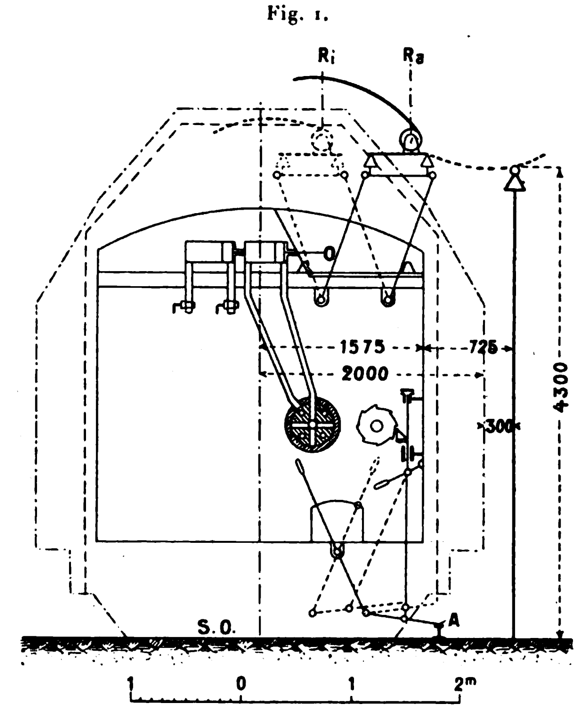


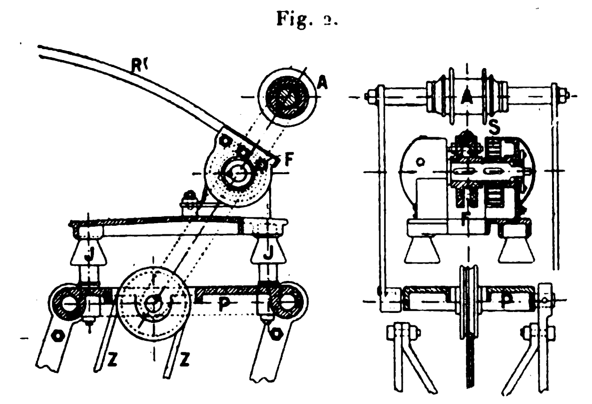
Schéma de la prise de courant d'Œrlikon.

une tige creuse légèrement courbe R de 1m,30 de long, mobile autour d'un axe horizontal, et appliquée, par sa partie convexe, au moyen d'un ressort spiral double F contre la ligne aérienne; le support de la tige R est monté, par l'intermédiaire d'isolateurs J, sur un parallélogramme articulé sur une paroi du locomoteur. Ce parallélogramme peut occuper les deux positions R*a* et R*i* marquées sur la figure 1, correspondant la première au cas où, en pleine voie, la ligne aérienne est placée sur des poteaux latéraux, et la seconde au cas où le fil conducteur est posé sous la voûte d'un tunnel.

Le passage de l'une à l'autre des positions du parallélogramme doit pouvoir se faire automatiquement en marche; ce résultat est obtenu par un cylindre à air comprimé dont le robinet est commandé par un levier (*fig.* 1) qui appuie sur un rail

latéral auxiliaire et prend deux positions différentes, suivant la hauteur de ce rail. L'auteur fait remarquer avec raison que cette disposition constitue le

Fig. 2.



Détails de l'appareil de prise de courant d'Œrlikon.

point faible du système et demanderait à être simplifiée ou modifiée, par exemple par l'emploi d'une commande électrique actionnée par pédales placées sur la voie, comme pour les sémaphores et les block-systèmes. Que le parallélogramme soit dans l'une ou l'autre de ces deux positions, la tige R étant susceptible de tourner de près de 180° autour de son articulation, peut venir en contact avec des fils plus ou moins hauts ou plus ou moins désaxés par rapport à la voie.

L'avantage revendiqué pour ce dispositif de prise de courant est de se prêter à des positions très variables du fil conducteur, de permettre par suite de transformer facilement, sur des lignes existantes, la traction à vapeur par la traction électrique, en utilisant la voie et les ouvrages d'art actuels pour la pose de la ligne. Cette disposition se prête également bien à la période de transition entre les deux modes d'exploitation. En outre, la disposition de la tige frotteuse appuyant sur le dessus du fil conducteur permet de poser celui-ci économiquement sur des isolateurs à tiges verticales fixées directement au bout du poteau.

Il est bien entendu que l'appareil de la Société Œrlikon ne s'applique que dans le cas d'une seule prise de courant, c'est-à-dire pour une ligne à courants continus ou alternatifs monophasés, et non à courants triphasés.

Nous avons donné la description de ce dispositif parce qu'il a été réellement exécuté et appliqué sur une locomotive électrique de la Société Œrlikon (dont une photographie est donnée dans l'article), qui sera prochainement mise en essai sur une ligne de 700^{m} de long, à 12000 volts, installée dans ses ateliers, en vue d'un projet de traction électrique sur la ligne à vapeur Seeback-Vettingen.

La puissance des moteurs de chemin de fer, par MAXIM MULLER. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 187 et 188, 10 mars 1904). — L'auteur dit que l'on peut déterminer approximativement la puissance à donner aux moteurs de chemin de fer effectuant un trajet déterminé en calculant la somme des quantités de chaleur dépensées dans le cuivre et le fer et en mesurant expérimentalement les charges qui, appliquées en permanence sur un moteur fixe pendant la durée du trajet effectif, produisent l'élévation de température admise (75° C. par exemple) en développant des quantités de chaleur déterminées.

BREVETS RÉCENTS.

Tramways et Chemins de fer : *Systèmes :* HABER et BEHN-ESCHENBURG. USAP. 754565, 23 déc. 1901 (chemin de fer). — EADER. BP. 21216, 1903 (chemin de fer). — RAWORTH. BP. 2192, 1903 (tramway). — *Conducteur et voie :* CARIUS. BP. 25255, 1903 (perfect. aux conducteurs à trôlet). — ROWELL. USAP. 753434, 9 avril 1903 (connecteur de rail). — *Trôlet :* ALDWORTH. BP. 7625, 1903. — BARNHURST. USAP. 753839, 1er juin 1903. — BRECKNELL, MUNRO et ROGERS. BP. 3673 et 12906, 1903. — BUCKLAND. USAP. 752374, 22 avril 1903 (tenseur automatique de la corde du trôlet). — CALDERWOOD. USAP. 753542, 6 août 1903. — CLOSE et RAMSEY. BP. 2857, 1903. — DAGGETT. USAP. 753552, 3 sept. 1903. — DEEM. USAP. 753554, 8 août 1903. — KELPATRICK. USAP. 754778, 19 déc. 1903. — MATHESIUS. USAP. 754473, 14 fév. 1901. — NOLAN. USAP. 753617, 16 janv. 1902. — RAINS. BP. 1255, 1903. — STITT. USAP. 752121, 17 oct. 1902. — WILKINSON. BP. 27131, 1903. — WOLFE. USAP. 753345, 6 juillet 1903. — WOOD. USAP. 752501, 8 août 1903. — YOUNG et MC MAHON. USAP. 752139, 1er juin 1903. — *Prises de courant diverses :* AKERS. USAP. 754832, 8 août 1903 (plot). — BERTHOUD. USAP. 753536, 10 juillet 1902 (contact). — ROSENFELD. USAP. 755391, 19 août 1903 (sabot). — *Contrôleurs :* GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 5287, 1903. — LAMME. BP. 19887, 1903. — SCHUCKERT et Cie. DRP. 150732, 21 déc. 1902. — SPRAGUE ELECTRIC CY. DRP. 150093, 16 sept. 1902 (commandes de trains). — SUNDH. BP. 14551 1903. — *Divers :* WARD. BP. 6342, 1903 (protecteur). — WILDE. USAP. 755203, 1er déc. 1903 (frein de rail électromagnétique).

Automobiles routières : KRIEGER. USAP. 752689, 26 févr. 1903. — WARD. USAP. 755087, 23 déc. 1902 (plateforme pour la manutention des batteries d'accumulateurs).

Divers : UNITED TELPHERAGE CY. BP. 23663, 1903 (telphérage). — SAHULKA. USAP. 755173, 18 avril 1903 (système électropneumatique de traction).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Variations du potentiel le long de l'antenne du transmetteur, par C.-A. CHANT. (*Philosophical Magazine*, [6], t. VII, p. 124-140, février 1904).

1. *Dispositif simple de Marconi.* — L'une des extrémités de l'oscillateur est reliée à l'antenne, l'autre est en communication avec le sol (A) ou avec un fil identique à l'antenne (B) ou isolée (C).

Les résultats obtenus avec les connexions A et B sont les mêmes; la prise de terre joue donc le même rôle qu'une seconde antenne identique avec la première, comme l'ont montré déjà divers expérimentateurs.

La position des minima paraît répondre non pas

à l'onde fondamentale, mais plutôt au neuvième harmonique.

Quand les deux extrémités sont libres, on obtient le quatrième harmonique.

2. *Excitation par induction : dispositif de Braun et de Marconi.* — Les deux pôles de l'excitateur sont reliés à un circuit comprenant deux condensateurs symétriquement placés. Entre les deux condensateurs le circuit comprend quelques spires; ces spires agissent par induction sur des spires insérées entre l'antenne et le sol, ou une capacité destinée à remplacer la prise de terre.

Lorsque l'extrémité inférieure de l'antenne est reliée soit au sol, soit à une capacité, soit à un fil identique, on constate une chute progressive du potentiel depuis l'extrémité libre jusqu'à l'autre.

Cette chute de potentiel correspond à l'onde fondamentale de l'antenne. En outre, on observe un minimum plus accusé, dû à l'oscillation propre du circuit primaire; le quart de la longueur d'onde de cette oscillation est donné par la distance entre l'extrémité libre et le premier minimum.

Lorsque les deux extrémités du fil sont libres, les courbes ont une allure différente. La variation du potentiel est plus grande à l'extrémité jointe au transformateur. Cela tient sans doute à ce que l'antenne et le secondaire forment un système vibrant dont les vibrations fondamentales ont un nœud de potentiel à chaque extrémité. La distance du minimum principal à l'extrémité libre croît avec la longueur de l'antenne, atteint un maximum, puis décroît. Cette variation provient vraisemblablement de la réaction du secondaire sur le primaire, qui change avec la longueur de l'antenne.

En résumé, la prise de terre ne modifie pas la forme des courbes, mais les courbes sont plus régulières.

3. *Excitation directe* (*Slaby-Arco*). — Un point du circuit des condensateurs est relié au sol, un autre point à l'antenne.

Lorsque l'extrémité inférieure de l'antenne est reliée à une capacité, on observe les minima dus aux oscillations forcées de l'antenne, provoquées par celles des condensateurs. Si l'antenne communique avec le sol, avec ou sans l'intermédiaire d'une bobine de self-induction, ou avec un fil identique, l'onde fondamentale est très intense, et s'accuse par une chute de potentiel marquée à partir de l'extrémité libre; il y a cependant des traces d'oscillations superposées.

La prise de terre agit comme une antenne symétrique de l'antenne réelle.

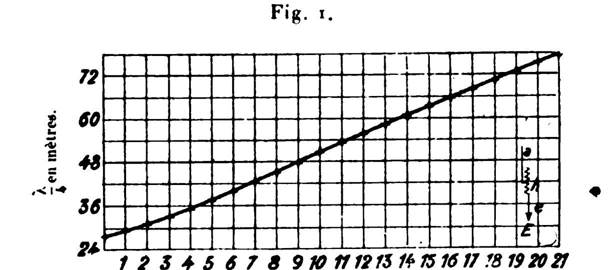
La substitution d'une self-induction à une capacité, si elle laisse la fréquence invariable, modifie la forme de la courbe. M. L.

Sur les longueurs d'onde des oscillations électriques dans une antenne libre et dans un circuit fermé, par le Dr JAMES-E. IVES. (*Electrical World and Engineer*, t. XLIII, p. 260, 6 février 1904).

Cette étude a été faite par l'auteur à la station de télégraphie sans fil de Forest de l'hôtel Castleton (Staten Island, N. Y.). Les mesures furent effectuées à l'aide d'un dispositif imaginé par M. de Forest et par l'auteur, dispositif qui sera publié ultérieurement. Les résultats obtenus sont résumés dans les graphiques qui suivent. Ces graphiques comprennent, indiqué dans un angle de la figure, le schéma du dispositif auquel ils se rapportent.

La figure 1 montre l'influence de l'introduction,

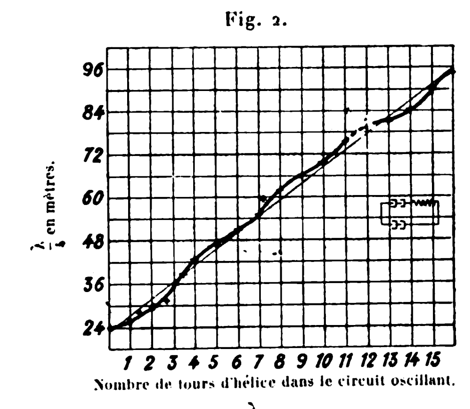
Fig. 1.



Courbe montrant l'effet sur $\frac{\lambda}{4}$ de l'augmentation du nombre de tours d'hélice sur le trajet de l'antenne.

dans le trajet d'une antenne, d'une hélice d'un nombre de tours plus ou moins grand. L'antenne *a* est formée de deux fils n° 14 d'environ 62 pieds ($18^m,60$)

Fig. 2.



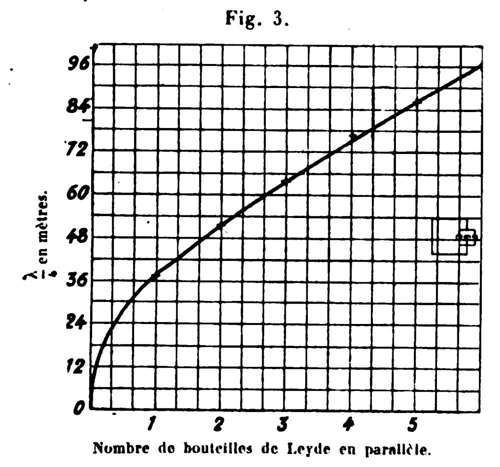
Courbe montrant l'effet sur $\frac{\lambda}{4}$ de l'augmentation du nombre de tours d'hélice dans le circuit fermé.

de longueur; le fil de terre *e* est unique et mesure $8^m,10$. La longueur totale est donc de 27^m environ. L'hélice intercalée *h* a un diamètre de 1 pied ($0^m,30$) et est constituée par 21 tours d'un fil n° 14. La courbe montre comment varie $\frac{\lambda}{4}$ avec le nombre de

tours de l'hélice introduit sur le trajet de l'antenne. Cette variation est sensiblement linéaire. On peut prévoir ce résultat : la longueur d'onde λ varie en effet comme la racine carrée de son inductance L, et cette inductance varie à peu près comme le carré du nombre de tours d'hélice inséré ([1]).

La figure 2 se rapporte à l'étude d'un circuit fermé représenté dans l'angle du graphique et comprenant quatre bouteilles de Leyde en série. Ici la valeur de $\frac{\lambda}{4}$ varie avec le nombre de tours d'hélice

Fig. 3.



Courbe montrant l'effet sur $\frac{\lambda}{4}$ de l'augmentation de la capacité du circuit fermé.

inséré. La courbe serpente autour d'une ligne droite dont elle reste assez voisine, si bien que la variation peut être ici considérée comme approximativement linéaire.

([1]) Si v est la vitesse des ondes électriques;
C la capacité de l'antenne;
$f = \frac{1}{T}$, la fréquence des ondes de période T,

$$\lambda = vT, \qquad T = 2\pi\sqrt{LC}, \qquad \lambda = 2\pi v\sqrt{LC}.$$

Mais si n désigne le nombre de tours de l'hélice, on a approximativement

$$L = k^2 n^2,$$

k, constante dépendant de la forme et de la grandeur de l'hélice.

Donc

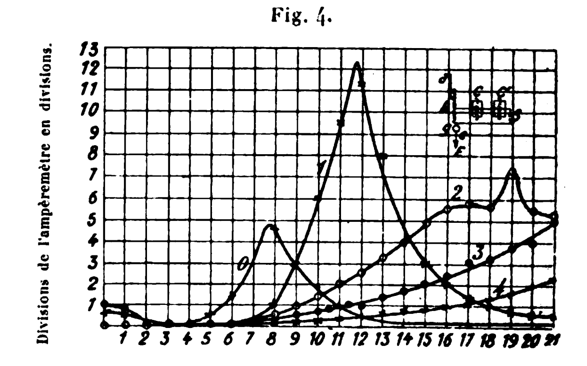
$$(1) \qquad \lambda = n \times \text{const.}$$

Jusqu'à quel point ce calcul est-il acceptable et justifiées ces diverses approximations? Peut-on d'ailleurs appliquer ici la formule de Thomson dont on fait un si constant abus dans toutes les questions relatives aux ondes électriques? Qu'est-ce que la capacité d'une antenne et à quel titre figure-t-elle dans la formule $T = 2\pi\sqrt{LC}$? Nous croyons préférable d'accepter les résultats expérimentaux du travail de MM. Ives et de Forest plutôt que d'en chercher une représentation théorique peut-être un peu prématurée. A. T.

La figure 3, relative également à un circuit fermé, montre l'effet produit par la variation de la capacité dans un tel circuit. La courbe indique la variation de $\frac{\lambda}{4}$ lorsqu'on change le nombre de bouteilles de Leyde insérées dans le circuit. La variation est parabolique, ce qui justifierait la relation (1) donnée plus haut.

La figure 4 paraît être la plus intéressante de

Fig. 4.



Courbe montrant la résonance d'une antenne et d'un circuit oscillant.

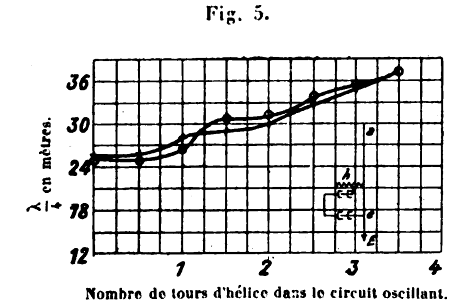
toutes; elle a trait à un circuit fermé auquel se trouve attachée une antenne, comme le montre le schéma figuré dans l'angle du graphique. Ici on fait varier encore le nombre de tours de l'hélice inséré, mais un certain nombre de tours d'hélice est commun au circuit fermé et au circuit antenne-terre. L'éclateur S est situé sur le circuit fermé. Les courbes montrent que le régime des oscillations, évalué d'ailleurs par les indications d'un ampèremètre g inséré sur le fil de terre, peut être grandement accru en amenant l'antenne en résonance avec le circuit fermé ([1]).

La figure 5 montre les résultats d'une expérience faite pour déterminer comment la longueur d'onde d'un circuit fermé est affectée par la mise en relation d'une antenne avec ce circuit. La valeur de $\frac{\lambda}{4}$ du

([1]) Dans le schéma, a est l'antenne, h l'hélice, e le conducteur de terre comprenant l'ampèremètre thermique g, c et c' deux séries de trois bouteilles de Leyde. L'expérience est faite en plaçant un certain nombre de tours d'hélice dans le circuit fermé et en faisant varier le nombre de tours d'hélice inséré sur l'antenne de 0 à 21. Cinq séries de mesures ont été faites et ont donné les courbes du graphique. Les courbes 0, 1, 2, 3, 4 ont trait respectivement au cas d'une fraction de tour, 1, 2, 3, 4 tours d'hélice insérés dans le circuit fermé. On voit sur la figure que dans le cas des courbes 3 et 4 il eût fallu insérer plus de 21 tours d'hélice sur le trajet de l'antenne pour établir la résonance entre l'antenne et le circuit fermé. Les irrégularités du pic de la courbe 2 sont peut être dues à la présence d'harmoniques.

circuit fermé est d'abord déterminée sans que ce circuit soit muni d'antenne (courbe +), puis, lorsque le circuit est muni de l'antenne (courbe O). On fait

Fig. 5.



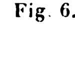
Courbe montrant l'effet sur $\frac{\lambda}{4}$ de l'adjonction d'une antenne à un circuit fermé.

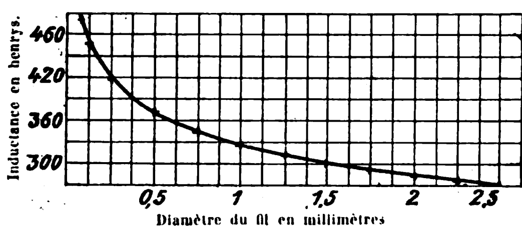
varier dans chaque cas le nombre de tours d'hélice inséré dans le circuit. Les deux courbes obtenues se coupent pour $\frac{\lambda}{4} = 96$ pieds ($28^m,80$), longueur qui était le $\frac{\lambda}{4}$ de l'antenne utilisée dans cette expérience, c'est-à-dire sans tours d'hélice interposés. On voit également que, pour 3 tours $\frac{1}{2}$ d'hélice insérés dans le circuit fermé, les deux courbes se réunissent. Pour un nombre de tours d'hélice plus grand, les deux courbes coïncident. Cela montre que, lorsque la longueur d'onde λ de l'antenne est voisine de celle du circuit fermé, la longueur d'onde du circuit fermé croît ou décroît par l'adjonction de l'antenne, suivant que la longueur d'onde du circuit oscillant est moindre ou plus grande que celle de l'antenne.

Les figures 6, 7 et 8 n'ont pas trait à des données expérimentales. Elles représentent graphiquement les relations calculées :

Figure 6, entre l'inductance (en henry) d'un fil

Fig. 6.





Relation entre l'inductance d'un fil de 1 pied de longueur et le diamètre de ce fil.

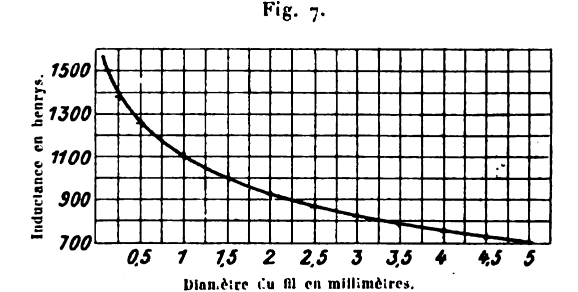
de 1 pied ($0^m,30$) de longueur et le diamètre [en $\frac{1}{100}$ de pouce ($0^{mm},25$)] de ce fil. La formule est la suivante :

$$L = 2l\left(\log_e \frac{2l}{r} - 1\right).$$

l longueur, r rayon du fil en centimètres.

Figure 7, entre l'inductance (en henry) d'une

Fig. 7.



Relation entre l'inductance d'une boucle circulaire de 1 pied de diamètre et le diamètre du fil formant cette boucle.

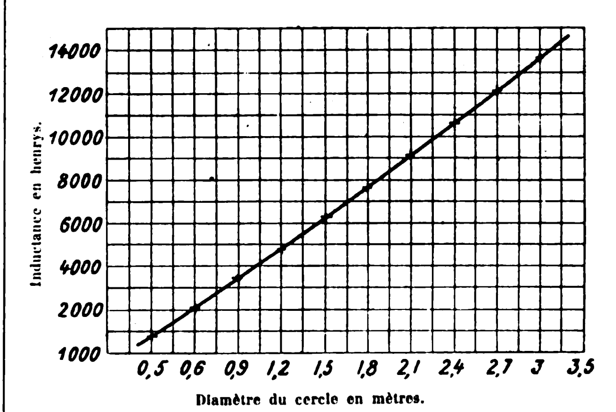
boucle circulaire de fil de 1 pied ($0^m,30$) de diamètre et le diamètre (en $\frac{1}{100}$ de pouce $= 0^{mm},25$) de ce fil. La formule est la suivante :

$$L = 4\pi R\left(\log_e \frac{R}{r} + 0,08\right),$$

R rayon de la boucle, r rayon du fil en centimètres.

Figure 8, entre l'inductance (en henry) d'une

Fig. 8.



Relation entre l'inductance d'une boucle circulaire n° 10 et son diamètre.

boucle circulaire de fil n° 10 ($2^{mm},55$ de diamètre) et le diamètre de cette boucle (en pieds $= 0^m,30$).

Les principaux résultats de cette étude expérimentale sont complètement d'accord avec ceux obtenus précédemment par M. Ferrié au cours d'une étude analogue ([1]).

A. TURPAIN.

([1]) FERRIÉ, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.* — *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, décembre 1903.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : Rugh. BF. 338563, 333671, 333672, 31 déc. 1903 (télégr. par courants alternatifs). — Shoemaker. USAP. 754904, 11 juin 1902 (télégr. sans fil).

Téléphonie : Bisseuil. BF. 338534, 24 déc. 1903 (pavillon mobile). — Bravi-Bertini. USAP. 754466, 16 sept. 1903 (dispositif de désinfection) — Davis. USAP. 752761, 7 déc. 1900 (tableau). — Ericsson. USAP. 753562 et 753563, 18 juin et 30 sept. 1902 (Jack et tableau). — Gally. USAP. 753252, 18 mars 1903 (répétiteur). — Hardengen, USAP. 753391, 3 sept. 1902 (montures de téléphones ou de microphones). — Houghton. USAP. 753493, 3 avril 1903 (téléphone). — Stromberg. USAP. 752722, 13 mai 1900 (tableau). — Wery. BF. 338438, 24 nov. 1903 (perfect. aux app. téléph.).

APPLICATIONS THERMIQUES.

Four électrique à résistance pour la fabrication des objets en charbon, par E.-G. ACHESON. Brevet américain 749418, 4 sept. 1902, délivré le 12 janvier 1904. (*Electrical World and Engineer,* t. XLIII, p. 176, 23 janvier 1904).

Pour fabriquer ces objets (électrodes et creusets pour électrochimie, balais de dynamos, etc.) on mélange du carbone finement pulvérisé (coke ordinaire, coke de pétrole, noir de fumée) avec une substance agglutinante, on moule sous pression, puis on chauffe dans un four à gaz ou à charbon pour éliminer les carbures volatils qui contiennent les matières premières employées. Cette dernière opération est des plus délicates, l'élévation de la température devant être très uniforme pour éviter la casse des objets.

Le chauffage électrique permet de réaliser facilement cette condition. Les objets sont placés au milieu de charbon granulé ou d'un mélange de charbon et de silice et, au moyen d'électrodes convenablement disposées, on fait passer un courant à travers cette masse résistante; celle-ci s'échauffe peu à peu et les objets qui y sont placés se trouvent ainsi portés à une température très uniforme si épais qu'ils puissent être. Cette température, bien que n'atteignant pas celle qui est nécessaire pour la transformation du carbone en graphite, est cependant beaucoup plus élevée que la température des fours à gaz ou à charbon; il en résulte une polymérisation plus complète des hydrocarbures et, par suite, une compacité plus grande des objets fabriqués par ce procédé.

J. R.

BREVETS RÉCENTS.

Chauffage : Compagnie générale d'électricité. BF. 337928, 22 déc. 1903 (lampes pour chauffage). — Doull. BP. 1717, 1903 (séchage par l'électricité). — Eimer. BF. 336745 et 336746, 19 nov. 1903 (fourneau). — Fabrik fur electrische Heizung. DRP. 151447, 21 janv. 1902 (chauffage). — Fliess. BP. 23161, 1903 (volant chauffé électriquement pour automobiles). — Foglesong. USAP. 754294, 17 sept. 1903 (couverture de cheval chauffée électriquement). — Goldhammer. DRP. 150500, 8 oct. 1903 (chauffage). — Hill. USAP. 754451, 1er juin 1903 (appareil pour chauffer l'eau). — Keller. USAP. 754656, 17 janv. 1902 (four). — Leib. USAP. 754465, 10 avril 1902 (régulateur automatique pour chauffage). — Price. USAP. 752357 et 752358, 5 nov. 1902 (procédé de chauffage). — Seelye. USAP. 755320 (appareil pour chauffer l'air applicable aux instruments de dentistes). — Shepherd. BF. 337844, 19 déc. 1903 (chauffage des fers à friser). — Société anonyme l'Industrie verrière et ses dérivés. BF. 337851, 19 déc. 1903 (chauffage).

Allumage : Bailly. BP. 26261, 1903 (moteurs). — Bennett. USAP. 753035, 23 nov. 1903 (moteurs). — Best. BP. 6376, 1903 (lampes de mineurs). — Eckstein et Coates. BP. 3244, 1903 (moteurs). — Gasmotoren-Fabrik Deutz. DRP. 151355, 20 mai 1903 (moteurs). — Herz. BP. 6316, 1903 (moteurs). — Kohn. USAP. 754075, 6 juillet 1903 (gaz). — Le Pontois. USAP. 752690, 22 août 1903 (moteurs). — Lodge. BP. 2162, 1903 (allumage). — Mautner. USAP. 752460, 4 juin 1903 (canons). — Meigs et Hammar. USAP. 755514, 2 février 1901 (canons). — Obry. USAP. 754885, 12 sept. 1903 (canons).

MESURES.

Ampèremètre Feussner à plusieurs sensibilités. (*Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXV, p. 115-118, 11 février 1904).

Cet ampèremètre (*fig.* 1 à 4), construit par la Société Siemens et Halske, sur les indications de M. Feussner, se compose d'un millivoltmètre à cadre mobile et d'un shunt analogue aux shunts universels que l'on fait aujourd'hui couramment pour les galvanomètres. Le millivoltmètre n'a de spécial qu'une borne supplémentaire K_2 (*fig.* 3), par laquelle on peut mettre hors circuit une petite fraction de la résistance propre de l'appareil, égale à la résistance totale du shunt.

Le shunt est formé de plusieurs résistances réunies en série; leurs valeurs sont déterminées comme pour les shunts universels. Si, par exemple, les pouvoirs multiplicateurs doivent varier dans l'ordre 1, 2, 5, 10, les résistances des sections sont telles que :

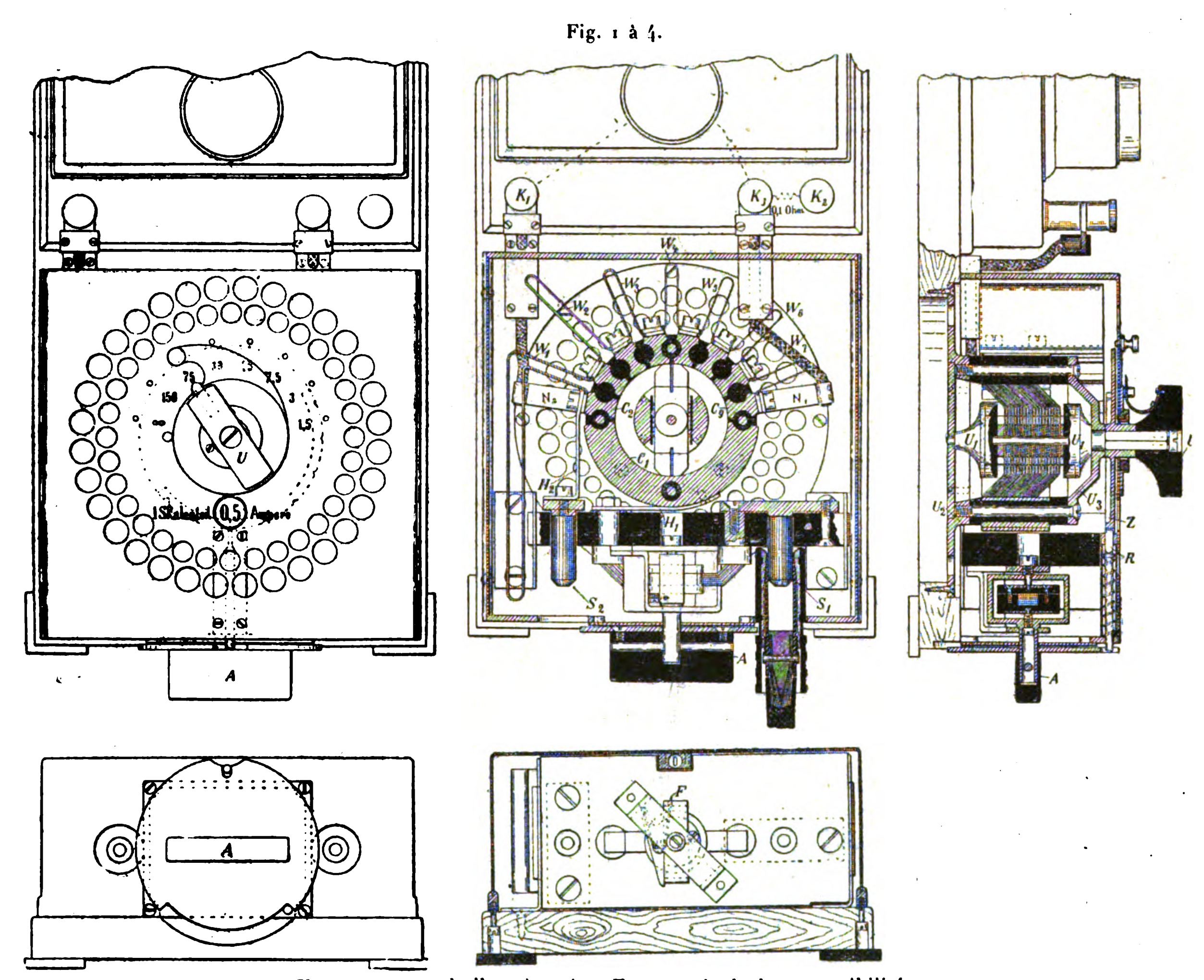
		Résistance du galvanomètre.
$a+b+c+d=10$	$m=10$	g
$a+b+c=5$	$m=2$	$g+d$
$a+b=2$	$m=5$	$g+c+d$
$a=1$	$m=10$	$g+b+c+d$

Contrairement à ce qui arrive avec des shunts séparés, la différence de potentiel absorbée entre les bornes d'entrée du courant total augmente avec l'intensité; cette augmentation est d'autant plus faible que le rapport de la résistance du millivoltmètre à celle du shunt : $a+b+c+d$, est plus grand; elle résulte du passage de la plus grande partie du shunt dans le circuit du galvanomètre. La borne K_2 a pour but de permettre l'emploi d'un millivoltmètre ordinaire; en retranchant du circuit g une valeur égale au shunt total, on évite la correc-

tion qui serait nécessaire si la différence de potentiel, correspondant à la plus grande sensibilité, était lue exactement en millivolts.

L'appareil réalisé a 7 sensibilités différentes, pour mesurer jusqu'à 1,5, 3, 7,5, 15, 30, 75 et 150 ampères. Le changement de sensibilité se fait simplement en tournant le bouton U d'un commutateur sans rompre le circuit, ce qui permet de chercher la sensibilité la plus favorable à la mesure, sans avoir à modifier les connexions.

Fig. 1 à 4.



Vues et coupes de l'ampèremètre Feussner à plusieurs sensibilités

Le millivoltmètre est divisé en 150 parties, division inutile pour les intensités, mais plus favorable pour les voltages, exemple : 110-220 volts; ceci permet, grâce à l'adjonction d'une résistance en série indépendante, de se servir de l'instrument comme voltmètre.

Le courant est amené au shunt par deux câbles souples munis de broches creuses; les ouvertures par lesquelles celles-ci pénètrent dans la boîte sont en partie fermées par un disque métallique, solidaire du bouton A de l'interrupteur de courant, de sorte que pour mettre les broches en place il faut rompre le courant, de façon à amener les échancrures du disque en face des trous. Lorsque les broches sont enfoncées à fond, le disque peut tourner grâce à une gorge ménagée à l'extérieur des broches.

De la borne S_2 le courant passe aux résistances successives W_1, W_2, etc. Un commutateur à lamelles U établit la connexion entre le plot demi-circulaire C_1 et les plots successifs C_2 à C_9; de C_1 le courant passe par H_1 à l'interrupteur et de là au second câble. Le millivoltmètre est relié en permanence aux extrémités N_1, N_2 des résistances W. Le commutateur entraîne un disque Z sur lequel sont gravées les valeurs, en ampères, de chaque division

du millivoltmètre, pour la sensibilité correspondante; le disque Z montre ainsi, dans une fenêtre ménagée dans la paroi supérieure, le coefficient intéressant à connaître, tandis qu'un index extérieur montre en même temps la valeur maximum du courant mesurable avec le pouvoir multiplicateur employé. Un petit verrou R est disposé de telle sorte qu'il empêche l'ouverture de l'interrupteur A quand le commutateur n'est pas sur le plot C_2 — infini —; ceci oblige à commencer les mesures toujours avec le plus grand pouvoir multiplicateur; on ne peut donc pas détériorer l'instrument par un courant trop fort.

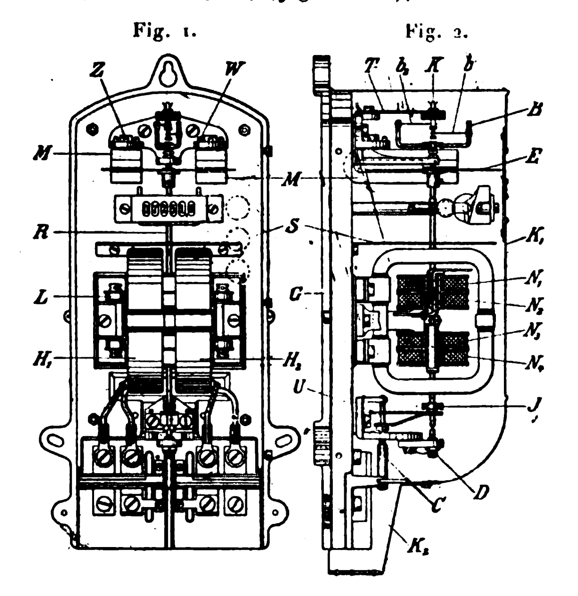
Les résistances W sont des lames de manganin disposées verticalement; le refroidissement est assuré par la circulation de l'air; ces résistances sont repliées en double pour éviter qu'elles produisent un champ capable d'influencer le millivoltmètre. Le commutateur et l'interrupteur sont faciles à démonter et à nettoyer. H. A.

Compteur à ailettes, pour courant continu. (*Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXV, p. 121-124, 18 février 1904).

La description d'un compteur construit par Siemens et Halske est donnée par le Laboratoire physico-technique de Charlottenbourg. Ce compteur n'est autre que celui de Peloux; il s'applique uniquement au courant continu.

Le principe de ce compteur est connu : quatre bobines, N_1, N_2, N_3, N_4 (*fig.* 1 et 2), formant deux

Fig. 1. Fig. 2.

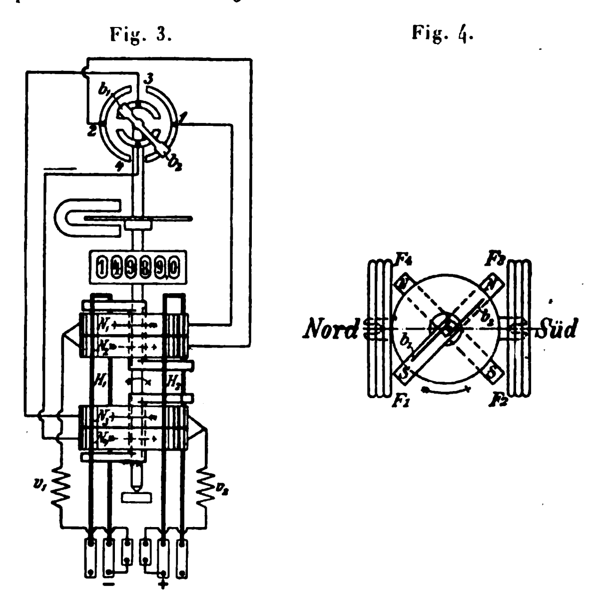


groupes, sont connectées à l'aide d'un commutateur à quatre sections et deux balais, de telle sorte que le courant du circuit volts traverse toujours deux bobines en série. Au centre de chaque groupe de bobines est placé un noyau de fer doux en forme de Z, fixé à l'arbre vertical R; chaque noyau a ses branches horizontales calées à 90° de l'autre. Deux bobines ampères sont placées sur les côtés des bobines volts et perpendiculairement à celles-ci. Grâce au commutateur et aux balais, le courant dérivé parcourt toujours une des bobines de chaque groupe et la polarité du noyau de fer correspondant est toujours telle que celui-ci soit attiré par la bobine ampère voisine, pendant un quart de tour, et repoussé pendant l'autre quart. Un frein magnétique fait que la vitesse du moteur est, à chaque instant, proportionnelle à la puissance mesurée.

Les appareils sont couramment construits pour des tensions de 110, 220, 440 et 550 volts; il y a trois modèles, le petit pour les intensités comprises entre 2,5 et 50 ampères; le moyen entre 15 et 100 ampères; le grand entre 150 et 1500 ampères. Trois couplages peuvent être réalisés; ils correspondent à l'emploi sur réseaux à deux conducteurs et à trois conducteurs en prenant les deux extrêmes ou le moyen et un extrême.

Le compteur est monté sur un socle fondu en alliage de zinc et aluminium; il est recouvert d'une grande cage en zinc embouti et d'une plus petite pour les bornes de jonction. Le socle est creux, il

Fig. 3. Fig. 4.



renferme les résistances des bobines volts. Les bobines ampères sont enroulées sur des cadres rectangulaires H_1, H_2 très voisins l'un de l'autre; le petit modèle et le moyen donnent jusqu'à 600 ampères-tours; le grand jusqu'à 1500. Les bobines volts sont enroulées deux à deux sur des noyaux cylindriques en métal; elles sont fixées à des consoles sur

lesquelles elles peuvent glisser de $0^{mm},75$ de chaque côté; ce glissement a pour but de finir l'étalonnage; une fois l'appareil terminé, les bobines sont fixées invariablement. Les bobines volts du petit modèle ont 7000 tours de fil de cuivre de $0^{mm},085$, une résistance de 1900 ohms et elles reçoivent un courant de 0,017 ampère. Dans le grand modèle il y a 10500 tours de fil de $0^{mm},1$, 2500 ohms et le courant est de 0,019 ampère. Ces intensités sont réglées par une résistance en fil de nickel de $0^{mm},06$. Afin d'éviter les étincelles au commutateur, chaque bobine est shuntée par une résistance non inductive de 10000 ohms en fil de manganin.

Le commutateur est fixe, il est porté, à la partie supérieure, par un bras T_1, les balais sont des fils d'argent fins, portés par les bras B, solidaires de l'axe de rotation R. Le frein se compose d'un disque de cuivre, de 1^{mm} d'épaisseur et de 110^{mm} de diamètre, qui tourne entre les pôles d'aimants en U; ceux-ci tournent autour de la vis Z et sont fixés en place par trois petites vis W. Le réglage consiste à amener ces aimants à une position telle que le couple résistant fasse équilibre au couple moteur. Les aimants, dont la section est de $25^{mm} \times 10^{mm}$, doivent avoir une intensité telle que le couple résistant dépasse de 10 pour 100 au moins le couple moteur; en les repoussant vers le centre du disque on réduit cette action.

Le pivot inférieur est sphérique, il tourne dans une crapaudine en saphir; celui du haut est formé d'une tige d'acier de $1^{mm},3$, qui traverse un tourillon et se termine par le bras porte-balais. La vis C sert à soulever l'arbre pour le caler pendant le transport. Le cadran est à chiffres sauteurs.

En établissant les connections il faut avoir soin que les conducteurs soient très près l'un de l'autre, jusqu'à 1^m au moins du compteur; celui-ci doit être éloigné d'au moins 2^m de tout conducteur simple portant plus de 300 ampères.

Comme l'aimantation des noyaux de fer est due non seulement aux bobines volts, mais encore, en partie, aux bobines ampères, le compteur retarde d'environ 3 pour 100 à pleine charge, tandis qu'il est exact à demi-charge. On doit régler de façon qu'il y ait seulement 2 pour 100 de retard à pleine charge. Le compteur doit démarrer franchement pour le centième de la pleine charge. H. A.

Procédé Ingalls, pour rendre constant le frottement des collecteurs de compteurs. (*Electrical Review*, t. XLIII, p. 864; N.-Y., 12 décembre 1903).

Après quelque temps de fonctionnement, les variations du frottement des balais sur les collecteurs des compteurs-moteurs s'atténuent considérablement, à tel point que les réglages que nécessitent au début ces variations deviennent ensuite inutiles. L'auteur ayant remarqué que ces variations du frottement sont insensibles d'autant plus rapidement que l'atmosphère dans laquelle est placé le compteur est plus chargée d'acide sulfhydrique, pensa que le phénomène est dû à la formation d'une couche homogène de sulfure à la surface du collecteur, et qu'on parviendrait à obtenir immédiatement un coefficient de frottement constant en provoquant artificiellement une pellicule de sulfure. Dans ce but on prépare une solution alcoolique de polysulfure de potassium, et on l'applique sur le collecteur en mouvement au moyen d'une brosse fine; on répète l'opération jusqu'à ce qu'on ne constate plus de variation dans le frottement. Il se produit une pellicule de sulfure métallique qui préserve le collecteur de toute altération ultérieure. La conductibilité du contact est un peu diminuée, mais le réglage de l'enroulement auxiliaire permet d'éliminer l'influence de cette diminution sur la marche du compteur.

Sur la flexion des règles-supports dans les magnétomètres, par C. CHREE. (*Philosophical Magazine*, (6) t. VII, p. 39-45, janvier 1904).

La flexion des règles des magnétomètres, provoquée par leur propre poids et celui des barreaux qu'elle supporte, entraîne une augmentation de la distance entre le barreau suspendu et le barreau déviant. Cet effet est compensé en partie par l'inclinaison du barreau suspendu, mais cette compensation est insuffisante.

Pour mesurer l'effet de la flexion, on installe le magnétomètre comme pour une expérience de déviation, puis on suspend à la règle deux poids égaux, symétriques par rapport au centre de suspension. On détermine, par la lunette même du magnétomètre, la variation d'orientation qui en résulte.

Soient u la déviation, r la distance des deux barreaux, m le moment de l'aimant déviant, H la composante horizontale du champ terrestre :

Dans une première approximation

$$r^3 \sin u = \frac{2m}{H},$$

d'où :

$$\delta r = -\frac{1}{3} r \cot u \, \delta u.$$

Les deux mesures demandent peu de temps et les variations de H pendant l'intervalle n'ont pas d'importance, sauf s'il s'agit de variations très brusques comme celles qui se produisent dans les orages magnétiques ou celles qui proviennent des tramways électriques.

Si E est le module d'élasticité de la barre, I le

moment d'inertie d'une section transversale par rapport à une normale au plan de flexion, h la hauteur du centre de l'aimant au-dessus de celui de la section, la méthode donne directement $\frac{EI}{h}$.

Si P' est la valeur des surcharges, $2a$ la distance des supports de la règle, $2c$ celle des surcharges :

$$\frac{EI}{h} = \frac{P'(-a^2 + 2c^2 - r^2)}{2\delta r}.$$

Si l'on veut simplement étudier un appareil déterminé, il est inutile de calculer $\frac{EI}{h}$.

En désignant par $2l$ la longueur totale de la règle, $2pl$ son poids total, P celui de l'aimant et de son chariot, la variation δx de la distance entre les deux aimants qui provient de la flexion est donnée par

$$\delta x = \delta r \frac{P(x^2 - a^2) + \frac{1}{3}p[l(l^2 - 3a^2) - (l - x)^3]}{P'(-a^2 + 2cr - r^2)}.$$

Cette méthode pourrait sans doute être appliquée à l'étude des propriétés élastiques des substances non magnétiques, en remplaçant l'aimant déviant par une bobine, et le magnétomètre par un galvanomètre. M. L.

Sur l'exactitude et le mode de fonctionnement des fréquencemètres de Hartmann et Braun, par R. HARTMANN-KEMPF. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, p. 44-47, 21 janvier 1904). — **Influence de l'amplitude sur la hauteur et l'amortissement des vibrations des diapasons et des lames d'acier en forme d'anche**, par R. HARTMANN-KEMPF. (*Annalen der Physik*, t. XIII, p. 124-162, janvier 1904).

Le principe du fréquencemètre de Hartmann et Braun consiste à établir la résonance ou synchronisme entre la fréquence du courant et celle des vibrations d'un système mécanique (¹). Mais, au lieu de faire varier d'une manière continue la période de ces dernières vibrations, on installe une série de lames vibrantes dont les fréquences varient d'une manière discontinue, mais par intervalles rapprochés, par exemple, à raison d'une unité par seconde. La forme de ces lames rappelle la forme des anches d'un harmonium, seulement, au lieu d'être en bronze, elles sont en acier. On déplace devant cette série d'anches un électro-aimant excité par le courant étudié. Lorsque cet électro arrive en face de l'anche dont la période propre répond à celle du courant, cette anche acquiert rapidement son amplitude de vibration maxima.

(¹) Voir *Ecl. Elect.*, t. XXVI, p. 489, mars 1901.

On observe cette résonance par un procédé optique ou acoustique. Dans le premier cas, on munit l'extrémité supérieure des lames d'un petit fanion, pour rendre les déplacements plus visibles. En réalité, on fait agir simultanément le champ magnétique sur toutes les lames; mais, quand l'amortissement des vibrations est faible, les conditions de résonance sont assez rigoureuses pour que la lame intéressée se distingue par son amplitude de vibration (quand l'accord a lieu à 0,5 près environ, pour une période de $\frac{1}{100}$ de seconde).

Si l'on veut reconnaître la résonance par le procédé acoustique, il est préférable d'exciter seulement une ou au plus trois lames. La résonance s'annonce alors par un son, dont il n'est pas nécessaire de reconnaître la hauteur musicale. Dans le cas où trois lames sont excitées ensemble, elles exécutent des vibrations forcées, qui suivent la fréquence du courant.

Pour étudier les conditions de la résonance, et surtout le degré d'exactitude qu'on peut attendre des appareils fondés sur ce principe, l'auteur a effectué des expériences très complètes décrites dans le Mémoire publié dans les *Annalen der Physik* (¹).

(¹) L'amplitude des vibrations est enregistrée par la photographie.

La lumière d'une lampe à arc, que nous désignerons par B, est concentrée par un collimateur L_2 sur un diaphragme D, percé d'un trou fin, traverse la fente d'un second diaphragme G, en verre jaune, fixé à un diapason, une lentille L_1 qui en donne un faisceau parallèle, et tombe sur un miroir concave H fixé à l'extrémité mobile du corps vibrant à étudier. Après réflexion, le faisceau rencontre un miroir plan P qui le renvoie sur une pellicule photographique, tendue sur le tambour T. Par suite de la rotation de ce tambour, la trace du faisceau décrit sur la pellicule la sinusoïde représentant les vibrations du système.

Lorsque le diapason G vibre à l'unisson du diapason ou de la lame vibrante H, les éclairs dessinent sur la pellicule une série de points qui se trouvent sur deux droites parallèles. S'il y a une différence de période entre les vibrations, ces points forment une sinusoïde dont la période est égale à celle des battements.

Lorsque l'amplitude des vibrations des diapasons devient très grande, la hauteur du son est altérée. Cette altération croît un peu plus vite que l'amplitude et la fréquence n correspondant à l'amplitude α peut être représentée en fonction de la fréquence normale n_0 par une formule empirique, telle que

$$n = n_0 - (p + \Delta\alpha)\alpha.$$

La variation est d'ailleurs assez faible.

Le décrément logarithmique est à peu près proportionnel à l'amplitude

$$\lambda = p_1\alpha.$$

La hauteur du son rendu par les lames ou les anches d'acier est affectée non seulement par l'amortissement, mais bien davantage par la diminution du moment d'inertie qu'entraîne la flexion. Le frottement interne n'est pas très important : par suite de la minceur des lames une forte flexion n'entraîne qu'une dilatation ou une compression mo-

Au point de vue de la mesure des fréquences de courant, il est à retenir que la résonance se produit pratiquement dans les mêmes conditions, quelle que soit la forme du courant alternatif ou pulsant, et quelle que soit la grandeur de l'excitation ou l'amplitude des vibrations (*fig.* 1).

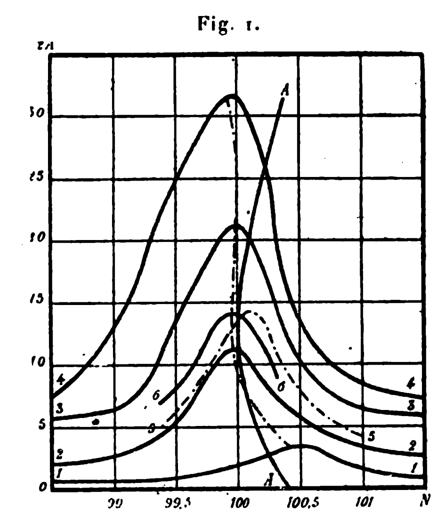
Dans le cas des anches montées sur une caisse, les variations sont un peu plus accentuées, mais ne dépassent jamais l'ordre du millième.

La courbe de résonance est affaissée pour les basses fréquences de l'ordre de 50, tandis que la courbe relative aux fréquences plus élevées (140) présente une pente beaucoup plus rapide. Or les fréquences qui se rencontrent dans la pratique électrotechnique sont comprises justement dans cet intervalle favorable.

Au-dessous de cette limite, l'énergie propre de la lame vibrante est trop grande en rapport de l'énergie excitatrice et au-dessus, les vibrations, même en résonance, sont trop diminuées par les phénomènes d'hystérésis et d'aimantation résiduelle.

Sous sa forme actuelle (*fig.* 2), l'appareil est tout ouvert et visible dans tous ses détails; 36 lames en acier à ressort estampé permettent de réaliser les fréquences comprises entre 60 et 140 [1].

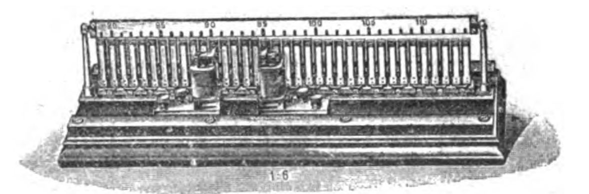
Fig. 1.



Marche de la résonance d'une lame d'acier encastrée pour différentes valeurs de l'excitation.
$2a$ = Amplitude totale de la vibration.
n = Fréquence de la vibration forcée = fréquence du courant.
AA' = Hauteur des vibrations propres de la lame pour chaque amplitude, les vibrations s'éteignant spontanément.

Quand l'intensité du courant est trop faible, on peut diminuer l'entrefer qui sépare la lame de l'armature de l'électro, en tournant celui-ci sur son support. La présence de deux électros qui peuvent se déplacer séparément ou simultanément permet de déterminer deux limites de la fréquence ou de mesurer en même temps les fréquences de deux courants indépendants.

Fig. 2.



En disposant de l'autre côté une seconde paire d'électros, on réalise des phénomènes intéressants de battements entre deux circuits au voisinage de la résonance. Ces phénomènes donnent un moyen commode de reconnaître le synchronisme.

L'appareil se prête également à la mesure des glissements.

On monte sur l'axe de l'armature glissante un

léculaire peu importante. La résistance de l'air est relativement beaucoup plus forte que dans le cas des diapasons.

Quand on laisse s'éteindre d'elles-mêmes les vibrations d'une lame d'acier, on trouve, en contradiction avec l'opinion courante, que la hauteur diminue notablement avec l'amplitude, quand celle-ci est très faible. Quand on part d'une amplitude moyenne, la hauteur passe par un minimum et ensuite paraît tendre vers un maximum. En amortissant les vibrations à l'aide d'un champ magnétique constant, on obtient un abaissement du son qui peut atteindre 4 pour 100.

Le décrément est plus grand pour les faibles amplitudes : quand l'amplitude croît, il finit par devenir à peu près constant. L'effet d'un champ magnétique constant est extrêmement faible en comparaison de l'altération de la hauteur.

Les anches éprouvent de la part de l'air une résistance notablement supérieure à celle que rencontrent les lames libres. Aussi le décrément croît à peu près proportionnellement à l'amplitude et très vite; cependant sa valeur finale reste inférieure au décrément des lames. En amortissant les vibrations à l'aide d'un champ magnétique constant, on provoque un abaissement du ton qui peut atteindre jusqu'à 8 pour 100.

Dans le vide, le décrément tend vers un maximum quand l'amplitude croît; il est d'ailleurs assez faible en comparaison de ce qu'il est dans l'air à la pression ordinaire. La différence est encore beaucoup plus sensible, quand l'anche est montée sur son cadre.

Si l'on fait vibrer des ressorts faibles, tels qu'on les emploie dans les relais, on trouve que :

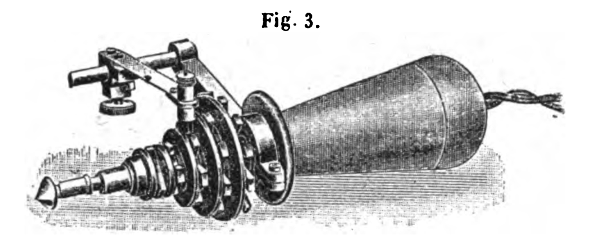
Dans un relais ordinaire, mû par un champ magnétique, oscillant, le décrément décroît quand l'amplitude augmente : l'influence de la résistance de l'air est inappréciable.

Lorsque le relais est polarisé, toutes les causes d'amortissement s'exagèrent. La résistance de l'air a de nouveau une influence appréciable. En outre, on constate un accroissement remarquable du décrément quand l'amplitude devient très petite. L'amortissement par l'air entraîne un abaissement de hauteur très notable, presque 5 pour 100.

[1] Cf. *loc. cit.*

commutateur tournant, muni d'un nombre de touches correspondant au nombre de pôles du moteur; on embraye ce commutateur sur l'arbre à la manière des compteurs de tours (*fig.* 3). Il se produit un

Fig. 3.

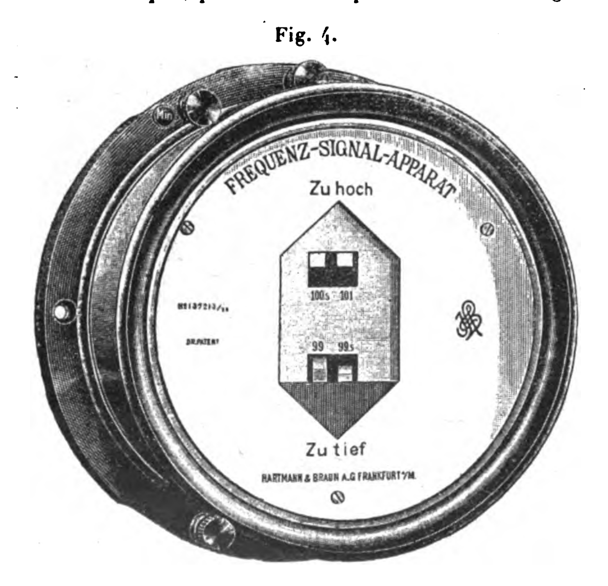


courant ondulé qui peut remplacer un courant alternatif dans l'expérience des battements.

Pour obtenir un appareil à signal, on dispose deux leviers en équilibre instable, contre lesquels viennent buter les lames. Ces leviers sont chassés alternativement par la lame qui correspond à la fréquence trop basse ou trop élevée et restent dans leur position jusqu'à ce que la lame répondant à la fréquence normale les ramène. Les leviers peuvent faire apparaître un disque-signal, ou allumer une lampe, faire retentir une sonnerie ou enregistrer les variations (*fig.* 4).

Par exemple, pour une fréquence normale égale

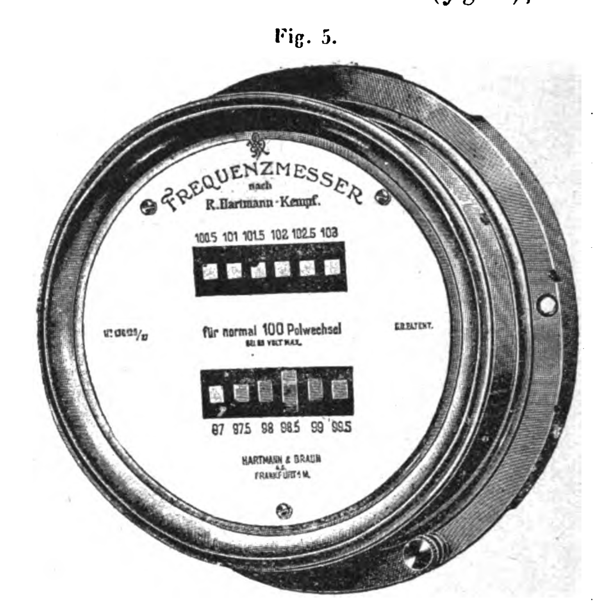
Fig. 4.



à 100, on veut être averti d'une variation de ± 1 pour 100, et tolérer une variation de ± 1,5 pour 100. On emploiera alors des lames réglées à 99,5 et 100,5 (fréquence normale), et à 98,5 et 101,5 (signal d'alarme).

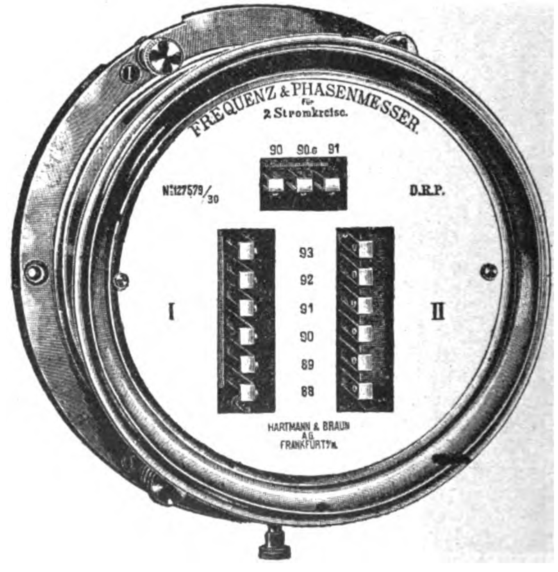
Pour permettre de lire à chaque instant la fréquence, on dispose 12 lames aux deux côtés d'un aimant feuilleté en forme de double T, et ces lames sont simultanément mises en vibration forcée par un aimant constamment en circuit (*fig.* 5); 6 de

Fig. 5.



ces lames sont accordées aux fréquences supérieures à la normale, 6 aux fréquences inférieures. Les extrémités des lames sont visibles à travers les deux fenêtres d'un cadran et, quand il y a désaccord, dessinent une courbe de vibration, dont la forme indique immédiatement le sens et la grandeur de

Fig. 6.



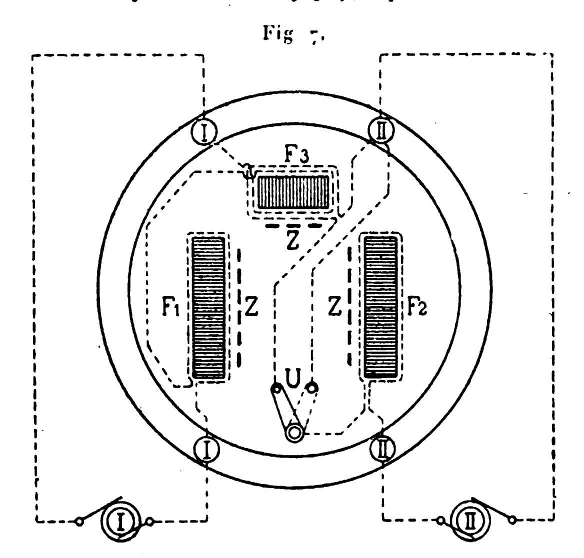
ce désaccord. Sur la figure 5, l'appareil indique une fréquence de 98,5, soit un désaccord de 1,5 pour 100.

L'appareil de la figure 6 permet de reconnaître, à

simple lecture, le nombre de tours de deux génératrices qu'on veut accoupler en parallèle et l'instant où elles sont en concordance de phase.

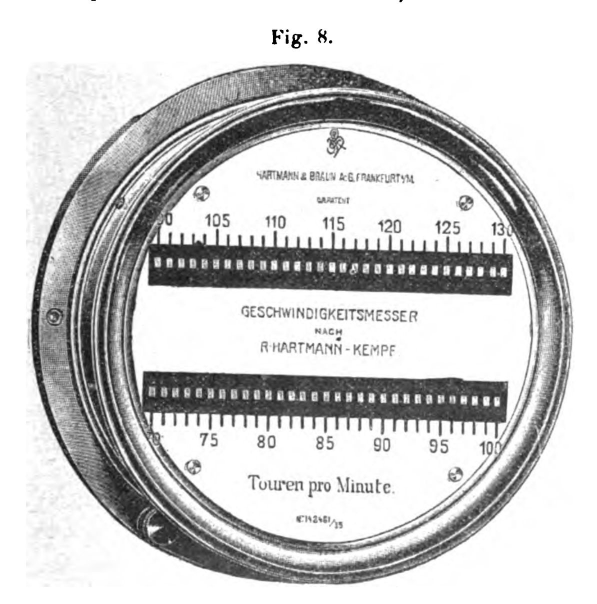
Trois fréquencemètres (*fig.* 7) séparés sont munis,

Fig. 7.



deux F_1, F_2, d'une seule bobine, le troisième F_3, de deux bobines identiques; F_1 et F_2 sont identiques entre eux, ils comprennent six lames, trois accordées au-dessus, trois au-dessous de la fréquence normale. F_3 comporte seulement trois lames, la lame centrale

Fig. 8.



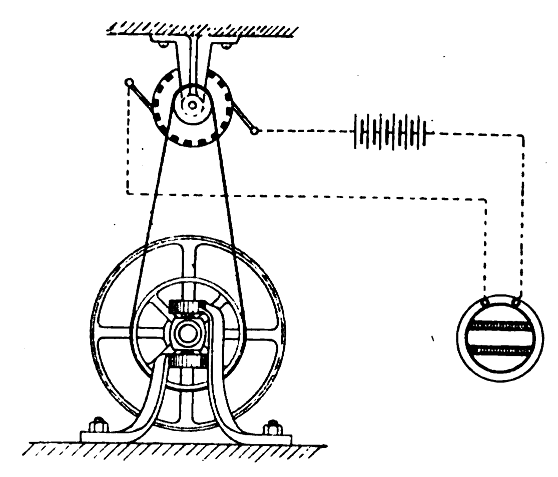
accordée sur la fréquence normale, celle de droite $\frac{1}{2}$ pour 100 plus bas, celle de gauche $\frac{1}{2}$ pour 100 plus haut. Le générateur I en marche est relié aux bornes I et II, entre lesquelles sont insérés F_1 et F_2. Pour coupler un deuxième générateur II, on le relie aux bornes I et II en mettant le commutateur U à droite. Par suite, F_2 est seul dans le circuit et indique la fréquence du générateur II, et dans quel sens il faut modifier la vitesse pour réaliser le synchronisme. Ce sens, une fois connu, on ramène U à gauche, et les deux bobines de F_3 sont en circuit. Les lames sont sollicitées par la superposition de deux champs magnétiques égaux de fréquence différente. Elles effectueront des battements, qui se ralentissent aux approches du synchronisme et s'arrêtent quand ce synchronisme est atteint.

Dans le cas des hautes tensions, on intercale un transformateur.

La figure 8 représente un appareil comprenant 62 lames, permettant de mesurer les fréquences de 70 à 100, et de 100 à 130 (ou de 50 à 80 et de 80 à 110).

La fréquence étant liée à la vitesse du générateur, rien n'empêche de le graduer en nombre de tours par minute; il suffit de connaître le nombre de pôles, ou le rapport de multiplication entre le générateur

Fig. 9.



et une autre machine. Ainsi on peut faire usage du commutateur tournant décrit ci-dessus (*fig.* 9).

M. LAMOTTE.

DIVERS.

Radioactivité de l'atmosphère, par S.-J. ALLAN. (*Phil. Mag.* [6], t. VII, p. 140-151, février 1904).

L'activité induite par l'air décroît avec le temps suivant la loi exponentielle,

$$I = I_0 e^{-\lambda t}.$$

Si l'activité induite par un fil chargé négativement est due à un apport constant de véhicules positifs dont l'activité décroît suivant la loi énoncée, l'inten-

sité I_t de l'activité après une durée d'exposition t sera donnée par

$$I_t = I_0(1 - e^{-\lambda t}),$$

I_0 et λ ayant la même valeur que ci-dessus. L'expérience vérifie cette prévision.

Vitesse de décroissement dans différentes conditions. — La vitesse avec laquelle décroît la radioactivité induite sur un fil de cuivre est la même, quelle que soit la manière dont elle ait été excitée. Des fils de fer ou de plomb ont donné la même vitesse de déperdition que le fil de cuivre.

En frottant le fil activé avec un morceau de cuir ou de peau imbibé d'ammoniaque, on transmet l'activité à ces substances : la vitesse de déperdition est à peu près la même, plus petite cependant dans le cas de la peau. Les cendres de cette peau présentent une radioactivité plus grande que la peau elle-même et la vitesse de déperdition est la même que celle du cuivre.

Un morceau de coton imbibé d'ammoniaque frotté sur le fil de cuivre actif, et calciné, donne des cendres dont la radioactivité rapportée à la même masse est supérieure à celle de l'uranium.

Absorption par les solides de l'activité induite. — On communique l'activité du cuivre à une feuille de cuir mince. Cette feuille est posée entre deux plateaux de zinc parallèles : l'un relié à l'un des pôles d'une batterie d'accumulateurs dont l'autre pôle est au sol; le second est en communication avec les quadrants d'un électromètre. On étudie la marche de l'électromètre quand le cuir est nu ou recouvert d'une lame mince de divers solides (1).

L'absorption dans le mica, le celluloïd, le papier, l'aluminium, le laiton, l'étain en feuille, l'argent, le maillechort, est à peu près proportionnelle à la densité dans les substances légères et pour l'aluminium, mais non dans les métaux lourds.

Dans l'air et le gaz carbonique, elle est à peu près proportionnelle à la densité : dans les autres gaz, elle augmente en même temps que cette densité, sans qu'il y ait proportionnalité.

L'air mélangé d'eau pulvérisée possède une conductibilité cinq ou six fois plus grande que celle de l'air ordinaire : il perd la plus grande partie de cette conductibilité quand il traverse un tampon de coton. Cependant l'air ne communique aucune activité à un fil de cuivre; il ne semble donc pas que l'accroissement de conductibilité soit dû à une émanation contenue dans l'eau pulvérisée. M. L.

(1) Il semble qu'il y ait deux espèces de radiations inégalement absorbables : l'une α qui serait à peu près complètement absorbée par $0^{cm},0038$ d'aluminium, l'autre β plus pénétrante. La plus grande part de l'activité induite paraît être entraînée à l'intérieur de la peau par l'ammoniaque et les rayons α seraient absorbés dans la peau avant d'arriver à la surface, ce qui expliquerait que les rayons β sont émis en plus grande proportion que par le cuir. Les cendres de coton activé émettent aussi des rayons β, mais en moindre quantité.

Effet du passage de l'électricité à travers un mélange d'hydrogène et d'oxygène aux basses pressions, par P.-J. KIRKBY. (*Phil. Mag.* [6], t. VII, p. 223-233, février 1904).

Le courant est produit entre deux plaques métalliques par l'action des rayons ultra-violets; l'une des plaques est chargée à un potentiel voisin du potentiel explosif; l'autre est reliée à un électromètre dont la déviation permet d'apprécier l'intensité du courant. Ces deux plaques sont recouvertes d'une cloche de verre renfermant du gaz tonnant préparé par l'électrolyse d'une dissolution de potasse. On reconnaît s'il y a eu combinaison par la variation de pression qui en résulte.

Tant qu'il n'y a pas d'étincelle, aucune combinaison ne se produit, si voisin que soit le potentiel du potentiel explosif (1). M. L.

Distribution du champ dans l'entrefer des électroaimants de Weiss et de Faraday, par O. SCARPA (2), (*L'Elettricista*, t. XIII, p. 17, 15 janvier 1904).

M. Scarpa emploie la méthode d'induction pour la détermination du champ. Les expériences ont porté sur un électro Weiss (3) et un Faraday-Ruhmkorff et l'allure du phénomène observé est la même dans ces deux cas; les singularités sont plus accentuées avec le Faraday et ceci tient peut-être à sa plus grande dispersion du flux.

Avec des expansions polaires massives de forme tronconique, l'auteur observe qu'au milieu de l'entrefer le champ décroît de l'axe à la périphérie; tandis qu'à proximité de la surface polaire, le champ décroît d'abord sur un court espace, puis croît jusqu'à un maximum qui a lieu au voisinage

(1) Sous forme de lueur, on peut faire passer dans le gaz un courant qui est presque toujours d'une constance remarquable, ce qui permet de mesurer exactement la quantité d'électricité écoulée. Le rapport $\frac{\Delta p}{\Delta q}$ de la diminution de pression Δp à la quantité d'électricité Δq, qui l'a provoquée, varie avec le potentiel de décharge V et avec la pression p. $\frac{1}{p}\frac{\Delta p}{\Delta q}$ varie d'abord à peu près proportionnellement à $\frac{V}{p}$, puis moins vite ensuite. Il se forme plus de molécules d'eau que de couples d'ions; cette formation peut être attribuée aux collisions des ions qui transportent le courant avec les molécules neutres du gaz tonnant.

(2) Mémoire publié intégralement dans les *Rendiconti dell' Ass. Elettrotecnica Italiana*.

(3) WEISS, *L'Éclairage Électrique*, t. XXV, 1898.

du bord de l'expansion polaire pour les grandes surfaces polaires; pour les plus petites, le décroissement initial disparaît et le champ croît du centre à la périphérie. Le maximum est toujours tourné vers l'intérieur de l'expansion polaire.

Si les expansions polaires sont percées longitudinalement, on observe qu'en remplissant le trou par un cylindre de fer massif, la distribution du champ dans l'entrefer ne varie pas, mais, pour une induction de 1000 unités CGS environ, elle augmente de $\frac{7}{1000}$.

Avec des expansions percées tronconiques, M. Scarpa a constaté qu'au voisinage des expansions, le champ croît d'un minimum correspondant à l'axe à un maximum correspondant environ à la moitié de l'anneau massif; tandis qu'au milieu de l'entrefer, il reste à peu près uniforme au voisinage de l'axe, puis descend vers la périphérie [1]. G.

Sur la pile à sélénium, par A.-H. PFUND. (*Philosophical Magazine*, (6), VII, p. 26-39, janvier 1904).

Pour purifier le sélénium, on le dissout dans l'acide azotique à chaud, on évapore la dissolution et l'on dessèche fortement l'anhydride sélénieux formé. On le redissout dans l'eau distillée et l'on ajoute de l'hydrate de baryum, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité permanent. On filtre, on évapore la dissolution à sec, on chauffe ensuite le résidu en couvrant la capsule d'un entonnoir renversé, sur lequel se condense l'anhydride sublimé en fines aiguilles blanches. On dissout ces aiguilles dans l'eau distillée, on acidifie par un peu d'acide chlorhydrique et l'on ajoute du bisulfite de sodium qui précipite le sélénium sous forme d'une poudre rouge. Une ébullition de quelques minutes transforme cette poudre en une masse noire compacte qu'on lave et dessèche.

La pile est construite avec deux lames de graphite très pur, séparées par une lame de mica, bien reliées entre elles et vernies à la gomme laque. Sur l'une des tranches de ce bloc on étend une couche de sélénium fondu; les dimensions de cette couche sont en moyenne de 15^{mm} de long, 1^{mm} de large et $0^{mm},08$ d'épaisseur. La résistance normale est d'environ 20 mégohms.

La pile est éclairée par une portion déterminée du spectre fourni par la lumière d'une lampe Nernst à travers un prisme de sel gemme. On peut amener successivement derrière une fente étroite, et dans la même position, une pile thermo-électrique de Rubens et la pile à sélénium. Chacune d'elles est reliée à un galvanomètre Thomson, de faible résistance pour la première, de grande résistance pour la seconde.

Lorsque le sélénium est pur, la pile n'est pas plus sensible que s'il contient des séléniures, mais elle entre plus vite en action. Le galvanomètre prend rapidement une position stable, mais, si l'on prolonge l'action de la lumière, la déviation croît lentement. Avec le sélénium additionné de séléniures, la marche du galvanomètre continue plus d'une demi-minute et il est impossible d'obtenir des résultats concordants. Il faut borner automatiquement l'exposition à 2,5 secondes et observer l'élongation maxima de l'équipage : en même temps, on obtient ainsi un retour rapide à la résistance normale.

Pour comparer l'action des différentes radiations, il faut que l'énergie reçue par la pile reste constante. On réalise cette condition en réglant l'intensité de la radiation au moyen d'un diaphragme et la mesurant par la pile thermo-électrique.

On construit une courbe en prenant pour abscisses la longueur d'onde et pour ordonnées la variation relative de la résistance. Cette courbe présente un maximum au voisinage de $\lambda = 0^{\mu},7$. La position de ce maximum est indépendante du métal contenu dans le séléniure.

Lorsque la pile de sélénium est transportée de la lumière dans l'obscurité, le changement de résistance est le même, que la pile soit ou non traversée par un courant.

Il semble que la conductibilité soit due à une électrolyse des séléniures : la lumière provoquerait une variation de la vitesse de migration des éléments de ces séléniures, en modifiant la forme allotropique du sélénium dans lequel ils se déplacent; une forme, stable à la lumière, se détruisant dans l'obscurité.

M. L.

Expériences de cours sur les ondes électriques dans les fils, par K. SCHAUM et F.-A. SCHULZE. (*Ann. de Phys.*, t. XIII, p. 422). — Au voisinage des ventres l'air devient faiblement luminescent; si le fil est très fin, on peut rendre cette lumière plus visible en approchant un écran fluorescent, par exemple une bande de papier imprégné de platinocyanure de baryum.

Influence des rayons cathodiques sur les isolants solides, par A. BECKER. (*Ann. de Phys.*, t. XIII, p. 394-422, janvier 1904). — La paraffine en couche mince, placée entre les deux armatures d'un condensateur, laisse passer un certain flux d'électricité quand elle est traversée par un faisceau de rayons cathodiques. Ce flux est dû plutôt à la polarisation diélectrique provoquée par les charges négatives que transportent les rayons cathodiques, qu'à un changement de résistivité.

Orientation d'une toupie aimantée dissymétrique, par H. DU BOIS. (*Ann. d. Phys.*, t. XIII, p. 289-325, janvier 1904).

[1] QUINCKE, *Wied. Ann.*, t. XXIV, 1885. LEDUC, *La Lumière Électrique*, t. XXVIII, 1888. VERDET, *Œuvres. Notes et Mémoires*, t. I, 1872. ARMAGNAT, *Mesures électriques industrielles*, 1902.



BIBLIOGRAPHIE (¹).

Le Radium, par G.-H. NIEWENGLOWSKI. Un volume format $19^{cm} \times 13^{cm}$, 96 pages, 16 figures H. Desforges, éditeur, 39, quai des Grands-Augustins, Paris (VIᵉ). Prix : broché, 2 francs.

Ouvrage de vulgarisation dans lequel l'auteur décrit non seulement les recherches de M. Curie sur le radium, mais aussi les nombreux faits d'expériences qui ont précédé la découverte du radium (effets des rayons cathodiques, de Rœntgen, de Becquerel, etc.). Très expert en photographie, l'auteur insiste particulièrement sur les effets photographiques des corps radioactifs, et met ainsi le lecteur en mesure de rechercher de nouveaux minéraux radioactifs, recherche qui présente un intérêt scientifique considérable par suite de la rareté des minéraux de ce genre actuellement connus.

En somme, brochure bien ordonnée, intéressante et venant à son heure.

Les Canalisations électriques, par R. WITTEBOLLE. Un volume format $19^{cm} \times 13^{cm}$, 140 pages, 158 figures. H. Desforges, éditeur, 39, quai des Grands-Augustins, Paris (VIᵉ). Prix : broché, 2 fr. 50 ; relié, 3 francs.

Après avoir rappelé les conditions générales de l'éclairage électrique et indiqué d'une manière élémentaire le calcul d'une installation domestique, M. Wittebolle décrit les divers types de câbles et explique, avec l'aide de nombreuses figures, la façon de les joindre et de les brancher; il examine ensuite les divers systèmes de montage : sur isolateurs, sous moulures, en tubes isolateurs, et enfin en tubes métalliques nus.

Die electrolytische Raffination des Kupfers (*L'affinage électrique du cuivre*), par Titus ULKE. Un volume format $25^{cm} \times 17^{cm}$, 152 pages, 86 figures. Wilhelm Knapp, éditeur à Halle a. Saale. Prix : broché, 8 marks.

L'Ouvrage est divisé en trois chapitres. Le premier contient quelques généralités sur le prix de revient, les principes chimiques et physiques, et sur la statistique de l'affinage électrolytique du cuivre; le second est consacré à la description détaillée des usines électrolytiques des États-Unis (10), de l'Angleterre (6), de l'Allemagne (9), de l'Autriche (2), de la France (4), et enfin de la Russie (2); le troisième donne un devis détaillé de l'installation d'une grande usine destinée à l'affinage du cuivre ou du nickel suivant les méthodes américaines. Un Appendice bibliographique donne, divisée par année, la liste des brevets et publications concernant l'affinage du cuivre.

La compétence de l'auteur, qui a dirigé et installé plusieurs usines américaines, donne à cet Ouvrage un intérêt technique considérable qui le recommande aux spécialistes. J. R.

Die Metale-Geschichte, Vorkommen, und Gewinnung nebst ausführlicher, Produktions-und Preis-Statistik, par Bernhard NEUMANN. 1 vol. format $25^{cm} \times 17^{cm}$, 421 pages. Wilhelm Knapp, édit. Halle a. Saale. Prix, broché : 16 marks.

Comme l'indique le titre, l'auteur donne l'historique, l'origine et les procédés d'extraction ainsi que des renseignements statistiques sur la production et le prix des divers métaux du commerce. La partie relative aux procédés d'extraction est intéressante au point de vue technique tant par les descriptions succinctes des procédés aujourd'hui appliqués que par celles des nombreux brevets se rapportant à la question. Quant aux renseignements statistiques, on en chercherait vainement ailleurs de plus complets, les données remontant jusqu'en 1816 pour quelques pays; ils sont d'ailleurs très clairement rassemblés dans de nombreuses tables et encore plus clairement résumés dans des graphiques en couleur qui donnent les uns les quantités de chaque métal produites par divers pays depuis 1850, les autres les variations du prix de vente du métal dans les centres commerciaux les plus importants. Signalons en passant que de l'examen de ces graphiques ressortent immédiatement deux faits intéressants : la progression constante et plus rapide que pour les autres pays d'Europe de la production minière de l'Allemagne depuis 1870; la prépondérance vraiment extraordinaire et brusquement acquise, pendant ces 6 ou 7 dernières années, des États-Unis dans la production du fer, de la fonte, de l'acier, du cuivre, du zinc, de l'aluminium, de l'or, etc.

Ajoutons que M. Neumann a fait rentrer dans le cadre de son Ouvrage non seulement les métaux usuels, mais aussi ceux encore peu utilisés comme les métaux de la famille du platine (palladium, rhodium, iridium, osmium, ruthénium), le vanadium, le zirconium, le titane, le thorium, etc. C'est donc un ensemble de documents très complet qu'offre M. Neumann aux métallurgistes et électrométallurgistes. J. B.

Annuaire de 1904 du Syndicat professionnel des usines d'électricité. Siège social du Syndicat, 27, rue Tronchet, Paris.

Parmi les documents techniques contenus dans cet Annuaire, signalons une *Note sur la traction électrique des chemins de fer*, présentée par le Dʳ Tissot au Congrès des Syndicats du 13 juin 1903, Note qui n'occupe pas moins de 84 pages et donne un aperçu très complet des applications existantes de l'électricité à la traction sur les chemins de fer.

Dans un autre ordre d'idées, signalons la liste par ordre alphabétique et la liste par départements, des villes, des communes de France et possessions françaises dans lesquelles il existe une distribution d'énergie électrique.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Société internationale des Électriciens.

La séance du 13 avril 1904 débute par une *Discussion sur la nomenclature électrique*.

M. Lauriol combat l'expression de courant imaginaire donnée à l'une des composantes du courant alternatif. Il préfère appeler courant actif et courant inactif ces deux composantes; les deux termes correspondants de la puissance se désigneraient par puissance vraie et puissance fictive. Comme unité pratique de temps, M. Lauriol propose de ne prendre que la seconde. Comme conséquence, on prendrait le joule comme unité pratique d'énergie, ce qui éviterait la confusion qui existe actuellement entre la puissance et l'énergie, cette dernière étant très souvent exprimée en kilowatts au lieu de kilowatts-heure. En employant le mégajoule on aurait une bonne unité pratique.

M. Boucherot indique comme expressions les plus correctes des composantes du courant alternatif celles de courant en phase et courant en quadrature. Mais ces expressions ne pouvant être employées pour la puissance, M. Boucherot emploie le qualificatif de magnétisant pour le courant et la puissance en $\sin\varphi$ et celui de actif pour le courant et la puissance en $\cos\varphi$.

M. Tripier propose d'appeler courant supplémentaire ce que l'on nomme incorrectement le courant déwatté, et courant proportionnel (proportionnel à la force électromotrice) l'autre composante.

Comme désignation de ces deux courants, M. Arnoux est partisan des expressions de courant phasé et courant quadratique ou en quadrature. Il insiste en outre sur la nécessité de l'unification des symboles.

M. Janet donne comme avantage des désignations courant en phase et courant en quadrature celui de contribuer à rendre plus claire la pensée, car on est obligé d'ajouter avec quoi ces courants sont en phase ou en quadrature, ces expressions employées seules ne signifiant rien.

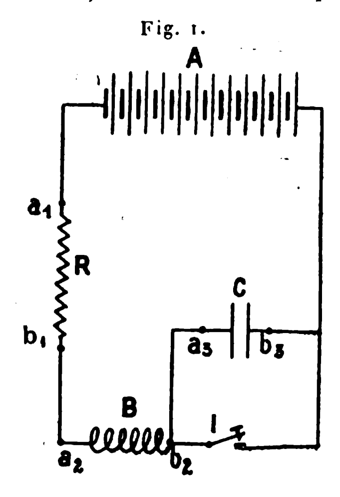
M. Hospitalier dit qu'il se rallierait volontiers aux termes: courant actif et courant réactif (mais non pas inactif).

M. Broca expose les recherches qu'il a entreprises, en collaboration avec M. Turchini, sur la *Détermination des courbes des extra-courants de fermeture et de rupture du circuit des bobines, au moyen de l'ondographe Hospitalier*.

Comme interrupteurs on a essayé ici l'interrupteur-turbine et le diapason de Villard. L'interrupteur-turbine, actionné par un moteur synchrone à l'aide d'un câble souple enfermé dans un petit tube, consistait en un jet de mercure lancé sur la périphérie d'une roue dentée. Le nombre de dents étant égal à 3, il y avait 3 interruptions par tour de la roue.

La disposition des essais est représentée en figure 1. A est une batterie d'accumulateurs, R une résistance ohmique, B le primaire de la bobine, I l'interrupteur et C le condensateur. En branchant le condensateur de l'ondographe Hospitalier successivement entre les points a_1 et b_1, a_2 et b_2, a_3 et b_3, on inscrivait les courbes d'intensité, de différences de potentiel aux bornes du condensateur. Comme procédé d'inscription, afin de réduire au minimum les frottements, la plume se déplaçait sur une feuille de papier enduite de noir de fumée.

Fig. 1.



Avec le diapason de Villard à 42 périodes par seconde, les courbes obtenues ne sont bonnes que lorsque le mercure vient d'être nettoyé; dès que le mercure est oxydé et fait la queue il n'y a plus de régularité. Cet interrupteur ne peut être employé avec les grosses bobines, car la rupture est trop mauvaise et demande environ $\frac{1}{400}$ de seconde.

En expérimentant à l'aide de l'interrupteur à jet de mercure et d'une bobine Carpentier donnant 25^{cm} d'étincelle, les auteurs ont constaté que l'établissement de la force électromotrice ne se fait pas instantanément, mais qu'il y a entre le o et le maximum un écart d'environ $\frac{1}{1000}$ de seconde. Cet écart restant le même quelle que soit la grosseur de la bobine, les auteurs l'imputent à l'interrupteur et pensent qu'il faut en effet $\frac{1}{1000}$ de seconde avant que le contact dû au jet de mercure soit établi.

A la rupture, les auteurs n'ont pas obtenu les nombreuses ondulations qu'à trouvées M. Armagnat à l'aide de l'oscillographe Blondel, en employant la bobine Carpentier de 25^{cm} d'étincelle (*Écl. élec.*, t. XXXVII, p. 241.) Cependant, avec les grosses bobines à 55^{cm} d'étincelle, ils ont pu constater à la rupture quelques ondulations de l'intensité et de la tension.

Pour de grandes intensités ils ont obtenu de grandes ondulations de la tension, avec période d'environ $\frac{1}{400}$ de seconde.

M. Broca signale aussi l'influence de la capacité du

condensateur sur la période de rupture. Avec la même bobine et le même interrupteur (bobine Carpentier de 25cm d'étincelle et interrupteur-turbine), on obtient avec un condensateur de 1 microfarad une rapidité d'interruption moins bonne qu'avec un condensateur de 0,5 microfarad. Donc il ne faut pas employer une capacité trop élevée.

Enfin, en étudiant la variation de la différence de potentiel aux bornes du condensateur, dans le cas des grosses bobines, les auteurs ont constaté, pendant la période de rupture, un phénomène qu'ils n'expliquent pas. En même temps que l'intensité revient à zéro en effectuant une double oscillation, la différence de potentiel aux bornes du condensateur présente une double ondulation correspondante, mais en restant dans le même sens et sans passer par zéro.

M. Arnoux fait ensuite une communication sur l'*Allumage des moteurs à explosion*.

M. Arnoux fait d'abord l'historique de l'allumage électrique; on sait que Lenoir l'employait déjà en 1859.

L'étincelle électrique a comme principal avantage celui de provoquer des pressions élevées par suite de la rapidité d'explosion qu'elle détermine. Elle permet en outre de faire varier le moment de l'allumage. La rapidité de propagation de l'allumage est d'autant plus nécessaire que le moteur tourne plus rapidement.

Si l'on étudie le travail par cylindrée en fonction de l'instant de l'allumage, on trouve que le moteur donne un maximum de puissance pour une certaine avance à l'allumage, dans des conditions déterminées de vitesse. Quant aux pressions maxima, elles diminuent de plus en plus en retardant l'allumage. M. Arnoux en conclut qu'il faut régler l'avance à l'allumage de façon à obtenir le maximum de puissance et ne pas agir sur l'avance à l'allumage pour produire l'élasticité de puissance, celle-ci pouvant être obtenue en agissant sur le mélange.

M. Arnoux a fait une expérience montrant l'influence du gaz brûlé qui reste toujours à fin de course en faisant éclater l'étincelle à l'aspiration; l'allumage ne se produit pas, le gaz brûlé enrobant le mélange frais.

En ce qui concerne les bobines, celles à trembleur, qui ne donnent pas plus de 80 ruptures par seconde, ne permettent pas de dépasser la vitesse de 1200 tours par minute, car il se produit alors des ratés d'allumage. En augmentant la rapidité de vibration du trembleur à 400 ruptures par seconde, on peut atteindre 4000 à 5000 tours par minute.

Lorsqu'on détermine la variation de puissance des moteurs à explosion en fonction de la vitesse, on ne trouve pas une droite comme l'indique la théorie, mais une courbe qui s'en écarte de plus en plus aux fortes vitesses. C'est qu'en effet, avec les faibles vitesses la veine de gaz a le temps de venir combler le volume du cylindre tandis qu'aux vitesses plus élevées il se produit un laminage de la veine gazeuse et l'alimentation ne se fait pas aussi copieusement. A cet égard, la levée des soupapes exerce une influence sur la variation de puissance en fonction de la vitesse et la puissance est plus faible quand la levée est plus petite, l'effet du laminage se faisant alors sentir davantage.

Comme type de soupape c'est la soupape commandée qui doit avoir la préférence. Avec les soupapes automatiques, en effet, pour les grandes vitesses, l'action n'est pas assez brusque et, au moment de la compression, la soupape n'étant pas encore refermée, une partie du mélange aspiré peut être refoulée.

Parlant des différents combustibles à employer, M. Arnoux explique que ce ne sont pas toujours les corps, liquides ou gazeux, qui dégagent le plus de chaleur pendant leur combustion, qu'il convient d'employer de préférence. Il y a lieu de tenir compte, en effet, de la rapidité de la combustion. Or, dans les carbures complexes, par exemple, il n'y a guère que l'hydrogène qui puisse donner un travail d'expansion, car le carbone n'ayant pas de tension de vapeur sensible agit comme une molécule solide et ne brûle que lentement par la surface.

L'emploi de l'acétylène ne peut pas non plus être recommandé, malgré la grande quantité de chaleur qu'il est capable de produire en brûlant. Lors de l'allumage, les premières portions brûlent; mais ce corps étant endothermique, le restant détone et ne donne alors que sa chaleur de combinaison faible par rapport à la chaleur de combustion.

Quant à l'alcool, il procure une consommation à peu près double de celle du pétrole, mais il produit une presssion moyenne plus élevée. L. Jumau.

Exposition de la Société française de Physique.

L'Exposition annuelle de la Société française de Physique s'est tenue, comme d'ordinaire, dans l'hôtel de la Société d'Encouragement, les vendredi 8 et samedi 9 avril. L'éclairage, qui est toujours intéressant, était fourni cette année par la lumière oxyacétylénique, que produit la Compagnie française de l'acétylène dissous et par l'électricité sous deux formes : l'incandescence de lampes Nernst d'un modèle intensif de la Société française d'Électricité A. E. G. et les lampes à flamme à charbons Siemens, de M. Richard Heller qui présentait, entre autres appareils, le fréquencemètre Hartmann-Kemps décrit dans le présent numéro. Notons en passant que ces charbons ont été employés par MM. Fabry et Jobin pour montrer le fonctionnement de leur grand spectroscope et qu'ils pourront, à ce titre, rendre de grands services dans les laboratoires.

Les visites d'usage se sont faites cette année au Laboratoire Central et à l'École supérieure d'Électricité, d'une part, et, d'autre part, au nouveau Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, inauguré officiellement le 1er juillet dernier et dans lequel les membres de la Société ont pu voir, en plein fonctionnement, les cinq sections : Physique (moins l'électricité); Métaux; Matériaux de construction; Machines; Matières végétales.

Les intéressantes conférences de M. d'Arsonval sur l'*Air liquide* et de M. Ferrié sur l'*État actuel de la télégraphie sans fil* s'adressaient surtout à un auditoire de professeurs de province. Nous publions ci-dessus les remarques de M. Arnoux relativement aux *Moteurs d'automobiles*. Enfin, un nombreux auditoire a entendu M. Carpentier parler des *Rayons* N *émis par le corps humain* et fait son profit des observations de M. d'Arsonval qui nous a conseillé sagement de nous

défendre à la fois d'un enthousiasme exagéré et d'un scepticisme systématique. Le doute philosophique est la seule attitude qui convienne en cette phase troublante de l'histoire de la Science.

Indiquons maintenant, sans avoir la prétention d'être complet, quelques-uns des appareils ou dispositifs que nous avons particulièrement remarqués.

M. BOUCHEROT expose divers appareils, construits par la maison BRÉGUET. Les éléments de condensateurs sont ceux qui, réunis par centaines dans des caisses convenables, peuvent revenir à des prix du même ordre de grandeur que celui des appareils employés couramment, soit de 50 à 150 francs par kilowatt apparent. Les moteurs à courants alternatifs polyphasés démarrent sous charge, sans balais, ni collecteur, ni bagues, ni rhéostat de démarrage ; dans les moteurs α et β, les courants induits se ferment, au démarrage, dans des circuits de grande résistance, ce qui limite leur intensité ; les moteurs γ, qui conviennent quand le démarrage doit être commandé de loin, comportent un stator unique ordinaire et un rotor composé de deux cages d'écureuil concentriques, solidaires mécaniquement ; après le démarrage, tous ces moteurs fonctionnent comme des moteurs ordinaires à cage d'écureuil. Dans les alternateurs Compound, l'excitation est fournie par une excitatrice à enroulements sinusoïdaux jointe à un transformateur de compoundage. Le transformateur fait varier automatiquement la tension aux bornes du stator de l'excitatrice, de telle façon que le courant continu d'excitation, proportionnel à cette tension, varie suivant la loi connue, la différence de potentiel efficace aux bornes de l'alternateur restant constante. Le torquemètre, qui s'applique à un rotor comme un compte-tours ordinaire, trace directement une courbe dont le coefficient angulaire donne le couple qui agit à chaque instant sur ce rotor. Un stéréoscope donne cinquante vues d'alternateurs et de moteurs Boucherot en fonctionnement.

M. FREDET présente ses accumulateurs au sulfhydrate d'ammoniaque, dans lesquels les plaques positives à oxydes rapportés ont une durée comparable à celle des plaques négatives. Le mélange d'oxydes de plomb est malaxé dans du sulfhydrate d'ammoniaque liquide, lequel est, en réalité, un mélange complexe d'hydrogène sulfuré, d'ammoniaque, de sulfhydrate, de sulfures, polysulfures et hyposulfite d'ammoniaque, ce qui donne naissance aux corps suivants : sulfures de plomb, oxydes de plomb, sels insolubles de plomb, sulfate de plomb. Les poids de matière active sont de 20 à 35 pour 100 supérieurs à ceux qu'on obtient avec les autres formations, ce qui augmente d'autant la cohésion de la masse.

Quand les plaques sont immergées, il y a précipitation de soufre impalpable dans la masse et formation de sulfate d'ammoniaque, qui décompose les produits nitreux et préserve les négatives d'une attaque en circuit ouvert. Pendant la charge, le sulfure de plomb positif se transforme en sulfate qui jouerait ici le rôle utile de préserver, grâce à son insolubilité relative, le peroxyde positif contre une rapide décomposition. Dans la décharge, le transport électropositif des anions sulfurés produit une sulfuration superficielle de la plaque négative, qui est ainsi préservée du sulfatage nuisible qui accompagnerait une décharge exagérée.

On peut sans danger augmenter l'acidité de l'électrolyte, puisqu'on n'a plus à craindre l'oxydation trop énergique des plaques positives pendant la charge et le sulfatage des négatives dans la décharge ; enfin l'acide sulfhydrique qui se produit au début du fonctionnement précipite toute trace de platine et d'arsenic que contiendrait l'acide sulfurique.

Voici les caractéristiques que l'auteur attribue à ses accumulateurs : capacité spécifique moyenne : 5 ampères-heure par kilogramme. Volume moyen : 6^{l} d'électrolyte pour 100 ampères-heure. Le voltage minimum est 1,90 et le voltage moyen conserve la valeur élevée 1,980. Les rendements seraient : en quantité, 95 pour 100 ; en énergie, 81 pour 100.

M. D. TOMMASI expose son dernier type d'accumulateur. Les plaques sont constituées par 81 cases d'un damier dont chaque élément est formé de sept lamelles de métal étroitement serrées les unes contre les autres et disposées alternativement dans le sens vertical et dans le sens horizontal, ce qui réduit les déformations au minimum. Une barre diagonale de plomb augmente la rigidité. La matière active ne peut plus se désagréger, ce qui rend le foisonnement pratiquement nul. Chaque case du damier est percée d'un trou muni d'une bague de plomb qui permet la libre circulation de l'électrolyte et l'élévation de l'intensité. Au régime de 1 ampère par kilogramme de plaques on arriverait couramment à une capacité de 18 à 23 ampères-heure sur des accumulateurs pesant de 2 à 6^{kg}. Les plaques sont, paraît-il remarquablement insensibles aux trépidations.

M. TOMMASI expose également un électrolyseur pour la préparation du plomb spongieux.

Nous remarquons divers appareils déjà présentés à la Société de Physique : le nouveau dispositif électrique permettant, par l'adjonction d'une capacité et d'une self en dérivation, de souffler l'arc de haute fréquence, de M. D'ARSONVAL et les dispositifs de protection pour sources électriques alimentant les générateurs de haute fréquence, de MM. D'ARSONVAL et GAIFFE. M. GAIFFE a réalisé, d'une façon très parfaite, un nouvel appareillage pour la production des courants puissants de haute fréquence, en partant du courant alternatif du secteur, qui est transformé d'abord à 60000 volts. Pour les rayons X une soupape permet de n'utiliser que les décharges dans un seul sens et de régler l'intensité toujours à la même valeur par un ampèremètre à courants continus.

MM. ARNOUX et CHAUVIN exposent :

Un nouvel indicateur électromagnétique de vitesse à distance pour ateliers et laboratoires industriels, automobiles, etc., dans lequel les contacts glissants sont supprimés ; la partie mobile est une pièce de fer doux, l'induit de la magnéto alternateur est complètement fixe et fermé sur un ampèremètre thermique ; un enregistreur indique la vitesse en fonction du temps et fait une marque à chaque kilomètre. Un voltmètre rationnel pour le contrôle instantané des batteries d'allumage. Des ohmmètres compensés à cadran, dont on règle le zéro par un champ magnétique et qui peuvent mesurer de 30 à 40 ohms, résistance du corps humain, à 300000 ohms.

Un mégohmmètre, dans lequel une division correspond à 60 mégohms. De nouveaux voltmètres et ampèremètres industriels avec un amortisseur à air, constitué par une palette de mica mobile entre deux cloisons radiales. Des galvanomètres dont le cadre, très mobile, est suspendu par un seul fil, qui a une résistance double de celle du cadre.

MM. Arnoux et Guerre ont construit des bobines à inducteur unique et induits sectionnés permettant l'allumage des moteurs à deux et à quatre cylindres avec une seule bobine; il y a deux induits; on réunit les quatre bornes aux quatre bougies dans un ordre quelconque; la bougie d'allumage ne fonctionne qu'au moment de la compression dans un gaz frais.

M. Carpentier expose des ampèremètres et voltmètres thermiques, un voltmètre thermique portatif à amortisseur constitué par une palette d'aluminium; la compensation se fait par fil, le cadre mobile restant en circuit. L'oscillographe Blondel a reçu des perfectionnements nouveaux; la lanterne est d'un maniement plus facile; le moteur est amovible, de façon qu'on puisse l'avoir sous la main; la sensibilité peut être rendue trois fois ou dix fois plus grande que dans la marche ordinaire. Le récepteur complet, pour la télégraphie sans fil, système Ferrié-Carpentier, est construit d'une façon très robuste et pratique, et a très bon air sous son enveloppe couleur canon de campagne. Le résonnateur symétrique Blondel et Ferrié-Carpentier, dans lequel la source est reliée à un nœud de tension ou un ventre d'intensité, fonctionne d'une manière très curieuse. Enfin, l'attention est surtout attirée par les boussoles et astrolabe amortis système Ferrié-Carpentier, dont l'équipage mobile porte des fils de verre extrêmement fins, contrariés dans leurs mouvements par la résistance de l'air.

La Société centrale de Produits chimiques construit l'appareil de MM. P. Curie et C. Chéneveau pour mesurer le coefficient d'aimantation spécifique des corps faiblement magnétiques et diamagnétiques. C'est une balance de torsion; le champ est produit dans l'entrefer d'un aimant annulaire, dont le plan est vertical.

L'électroscope Curie est disposé pour la conductance de l'air sous l'influence des corps radioactifs. Ces corps sont placés sur un plateau en relation avec la cage métallique de l'appareil; un second plateau, parallèle au premier, communique avec la lame mobile. Pour l'étude des phosphorescences, M. Curie construit un appareil composé d'un disque de laiton creusé, dont la cavité est remplie d'un sel de radium. Cette cavité est fermée, d'un côté, par un disque de verre, qui laisse voir la luminosité propre du sel radifère; sur l'autre face est collée une plaque d'aluminium mince à travers laquelle les rayons du radium excitent la fluorescence d'un écran au sulfure ou platinocyanure.

Notons, à titre de document, que les sels de baryum et de radium, au maximum d'activité, sont tarifés 2000^{fr} le gramme et 220^{fr} le décigramme.

M. Thurneyssen, successeur de la maison Alvergniat-Chabaud, expose un interrupteur à mercure que M. Villard a basé sur le même principe que son appareil pour le bas voltage. Un filet de mercure, qui coule entre les deux branches d'un aimant permanent, est dévié lorsque le courant le traverse. Cet interrupteur fonctionne en courant continu de 12^{volts} à 250^{volts}; la fréquence augmente automatiquement avec le voltage et se rapproche de celle du Wehnelt à 250^{volts}. On peut régler cette fréquence par la longueur du jet. Le *stéréomètre* du Dr Marie permet, au moyen de deux radiographies stéréoscopiques, de placer, sans employer de stéréoscope, les deux épreuves de telle sorte que le relief soit restitué. De simples lectures déterminent la position des corps étrangers.

Dans l'appareil pour le nettoiement automatique et continu du mercure de M. Turpain, construit par M. Berlemont, le mercure remonte en chapelets de gouttelettes séparées par de l'air qu'aspire une trompe à eau; sous l'action de son propre poids, il retombe ensuite jusque dans un réservoir situé au bas de l'appareil, en traversant successivement : 1° une colonne d'acide azotique, qui le nettoie; 2° de l'acide sulfurique pur, qui le dessèche; 3° de la potasse qui neutralise l'acide en excès. Un robinet placé au bas de l'appareil permet d'extraire du mercure sans arrêter la circulation. Une tubulure latérale permet d'introduire directement le mercure dans l'acide azotique.

Nous terminerons en citant, trop brièvement, les appareils enregistreurs de M. Jules Richard, en particulier les ampèremètres et voltmètres à apériodicité réglable et apériodiques à cadre mobile pour tableau de distribution et le wattmètre enregistreur pour courants triphasés à ponts inégalement chargés. Nous reviendrons prochainement avec détails sur le photomètre à scintillation Symmance et Abady, exposé par la Société pour la fabrication des compteurs et matériels d'usines à gaz, que M. Lauriol faisait fonctionner et qu'il a présenté à la dernière séance de la Société. C. R.

Informations diverses.

Éclairage : Un réseau sera prochainement mis en fonctionnement à Gex (Ain).

— La concession de l'éclairage électrique des Riceys (Aube) a été donnée à M. Paul Vergne.

— Des installations sont en projet à Revest (Alpes-Maritimes) et à Tocane-Saint-Apre (Dordogne).

Sociétés nouvelles : Société en commandite Marcel Masson et Cie, appareils mécaniques et électriques, 25, rue de Senlis, Paris. Durée, 10 ans. Capital, 150000^{fr} dont 100000^{fr} par la commandite. Acte du 29 février.

— Société anonyme dite Société électrique de Chambly pour la fabrication des accumulateurs et l'éclairage des villes, Chambly. Durée, 20 ans. Capital 20000^{fr}. Acte du 18 février.

— Société en commandite Pouchard et Cie, appareils de mesures électriques, 12, rue Brézin, Paris. Durée, 1 an. Capital, 10000^{fr} dont 5000^{fr} par la commandite. Acte du 2 mars.



Tome I. — N° 9. 15 Mai 1904.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, CHARPENTIER, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, GUILBERT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN, PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

SOMMAIRE.

I. **Article :** Les turbines à vapeur, par M. DRIN, p. 257.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 261 ; Transmission et Distribution, p. 266 ; Applications mécaniques, p. 267 ; Traction, p. 271 ; Télégraphie et Téléphonie, p. 271 ; Éclairage, p. 274 ; Mesures, p. 277 ; Divers, p. 280.

III. **Bibliographie,** p. 284. — IV. **Variétés et informations,** p. 285.

LES TURBINES A VAPEUR.

Les turbines à vapeur ont pris durant ces dernières années un développement considérable et l'on peut affirmer qu'à ce point de vue nous assistons à une évolution de la mécanique appliquée. Assurément il est prématuré de dire que les machines à vapeur seront bientôt reléguées dans les musées, à titre de souvenir, mais nul ne saurait contester la place importante qu'ont prise depuis moins de 10 ans les turbo-machines.

C'est à l'industrie électrique que nous sommes en partie redevables de cette transformation. L'emploi de plus en plus répandu des courants alternatifs, leur utilisation pour le transport de l'énergie et leur application à la traction sur les voies urbaines et suburbaines ont amené en effet la création de stations centrales, dont la puissance atteint et dépasse quelquefois 50000 chevaux.

Pour produire économiquement une aussi grande quantité d'énergie, les électriciens ont été amenés à demander aux mécaniciens des moteurs de plus en plus puissants, dont les dimensions atteignent des valeurs véritablement exagérées. Les machines à vapeur de l'usine centrale du chemin de fer de l'île de Manhattan, à New-York, nous fournissent un exemple de ce qui a été fait de plus grand dans cette voie, puisque leur hauteur dépasse celle d'un deuxième étage.

De semblables unités sont encombrantes et coûteuses, elles nécessitent des emplacements considérables, et exigent pour leur surveillance un personnel nombreux et bien exercé. Les turbines, au contraire, par leurs dimensions restreintes, par leur facilité de mise en marche et par la régularité de leur mouvement, s'imposent absolument pour la construction des groupes électrogènes puissants; aussi sommes-nous persuadés qu'elles sont nécessairement destinées à supplanter complètement les machines à vapeur dans les stations centrales modernes.

Au moment où cette évolution s'acccomplit il a semblé intéressant de grouper dans une même étude les types les plus employés en faisant connaître les résultats obtenus et ce qu'on peut attendre de ces merveilleuses machines.

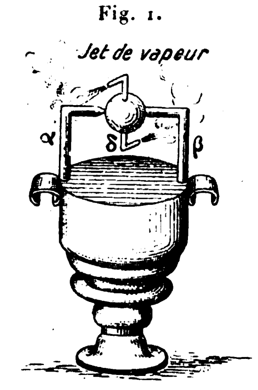
Historique des turbines à vapeur (1). — L'idée d'appliquer la force vive de la vapeur à la mise en mouvement de roues ou de turbines analogues

(1) *Voir :* M. SOSNOWSKI, *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.* — M. SOSNOWSKI, *Rapport sur les turbines à vapeur au Congrès de mécanique de* 1900, t. III, p. 128. — TOURNAIRE, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1853. — RATEAU, *Rapport au Congrès de mécanique de* 1900, t. III, p. 91.

aux roues à eau ou aux turbines hydrauliques n'est pas nouvelle, puisqu'on en retouve la trace dans les écrits de la plus haute antiquité.

Déjà en l'an 120 avant J.-C., Héron, d'Alexandrie, décrivit une sorte de tourniquet à vapeur qu'il baptisa du nom d'*Éolipyle*. C'était simplement une sphère creuse tournant autour de deux tourillons α et β (*fig.* 1) qui y amenaient la vapeur,

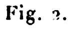
Fig. 1.



Eolipyle de Héron, d'Alexandrie (120 ans av. J.-C.).

produite elle-même par un vase placé sur le feu. La vapeur en s'échappant par les ajutages δ déterminait par réaction la rotation de la boule.

Beaucoup plus tard, en 1629, Giovanni Branca, célèbre architecte italien, proposa d'utiliser la puissance d'un jet de vapeur pour faire tourner une roue cloisonnée et mettre en mouvement un arbre vertical (*fig.* 2). Ces deux machines ren-


Fig. 2.



Roue à vapeur de G. Branca (1629).

ferment en elles-mêmes le principe de toutes les turbines modernes.

Il faut attendre la deuxième moitié du XIXe siècle pour trouver une conception véritablemeut pratique des turbines à vapeur. C'est un ingénieur français, Tournaire, qui, dans une Communication à l'Académie des Sciences, indiqua d'une façon magistrale la façon dont il fallait réaliser ce genre de machines. Les idées de Tournaire étaient si justes, du reste, que les dispositions imaginées par lui se retrouvent presque entièrement, mais avec des améliorations de détails, dans la turbine Parsons qui apparut trente ans plus tard.

En 1870, Hannsen proposa une turbine formée par une série de roues à aubes distributives et réceptrices placées horizontalement sur un arbre vertical, et Edwards en 1876 imagina la première turbine multicellulaire.

C'est en 1876 que M. Parsons entreprit ses études sur les turbines à vapeur et c'est en 1884, à l'Exposition des Inventions de Londres, qu'apparut la première machine de ce genre, qui ne fut considérée alors que comme une simple curiosité de mécanique, et pourtant quelques mois plus tard elle fut installée dans une fabrique de lampes à incandescence, à Gateshead-on-Tyne, où pendant plus de 10 ans elle fonctionna sans interruption. Ce premier modèle est maintenant déposé au musée du South Kensington à Londres.

Il était partagé en deux groupes de quinze disques à aubes, calés sur le même arbre de part et d'autre de l'arrivée de vapeur, pour équilibrer les poussées axiales. Les aubes mobiles étaient taillées sur la circonférence de disques clavetés sur l'arbre moteur et les aubes fixes ou directrices étaient taillées avec inclinaison en sens opposé sur la partie intérieure de rondelles en bronze de diamètre plus grand que celui de l'arbre, coupées par moitié et fixées sur le demi-cylindre supérieur et inférieur de l'enveloppe à l'aide de clavettes. La vapeur serpentant à travers les aubes fixes et mobiles détermine le mouvement de ces dernières et la rotation de l'arbre moteur.

La première turbine de M. Parsons tournait à la vitesse angulaire de 18000 révolutions par minute. Cet excès de vitesse n'était pas sans inconvénient, car il rendait difficile le parfait centrage de l'arbre qui fouettait légèrement sous l'action de la force centrifuge; ce qui obligeait à augmenter le jeu entre les parties fixes et mobiles et amenait par cela même une diminution de puissance.

Dans les turbo-alternateurs que M. Parsons construisit ensuite, il s'attacha surtout à remédier à cet inconvénient en diminuant autant que possible la vitesse qu'il put faire descendre successivement à 12000 puis à 5000 tours : minute.

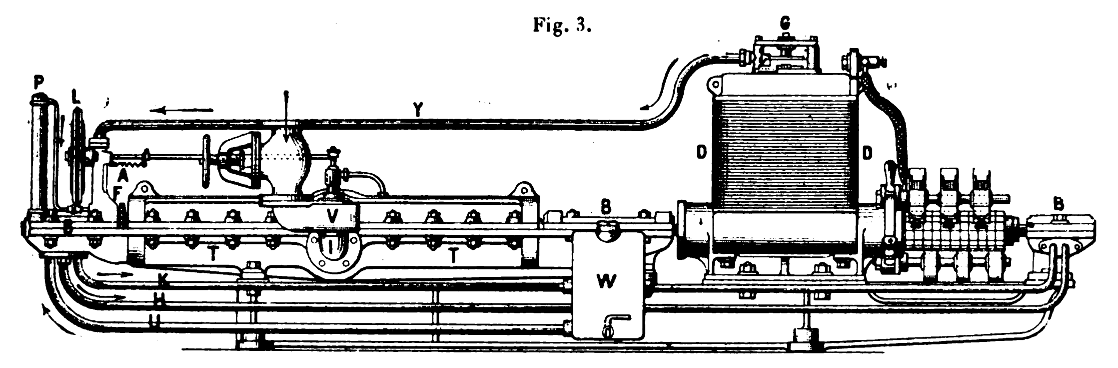
La figure 3 représente un de ces groupes électrogènes.

La turbine T, placée à gauche, est constituée comme nous l'avons dit plus haut; la dynamo est placée à droite. Les deux machines sont montées

sur un même socle et leurs axes directement accouplés à l'aide d'une simple douille.

Toutes ces machines marchaient à échappement libre, car on pensait alors qu'il était impossible d'y appliquer la condensation. En 1892 fut réalisée la première installation. C'était une turbine de 200 chevaux et de 4800 tours, destinée à commander un alternateur de 150 kilowatts à la station électrique de Cambridge. Les essais de cet alternateur exécutés par le professeur Ewing montrèrent

Fig. 3.



T, turbine. — D, dynamo. — A, régulateur. — L, diaphragme en cuir du régulateur. — B, B, paliers. P, W, réservoirs d'huile. — H, K, U, tuyaux de distribution d'huile. — V, valve d'admission.

tout le parti qu'on pouvait tirer des nouvelles machines.

En fait, depuis cette époque, le nombre et l'importance des groupes électrogènes avec turbines à vapeur n'a fait qu'augmenter.

Nous citerons en particulier une installation de 1000 kilowatts pour la municipalité d'Elberfeld et une autre de 4000 chevaux pour Francfort-sur-le-Mein. Enfin on construit en ce moment pour la station centrale d'Essen une turbine Parsons devant commander à la fois un alternateur triphasé de 5000 kilowatts (à 5000 volts) et une génératrice à courant continu de 1500 kilowatts. Ce groupe, dont la puissance totale atteindra 10000 chevaux, sera le plus puissant du monde.

Pendant que les turbines se développaient sur terre, dans toutes les industries et particulièrement dans l'industrie électrique, M. Parsons se préoccupait de leur application à la propulsion des navires.

En 1894 on commença la construction d'un petit navire de 45 tonneaux destiné aux études. Les résultats assez médiocres au début furent par la suite plus encourageants. En 1896 l'Amirauté décida l'application des turbines aux torpilleurs *Viper* et *Cobra*. On sait que ces deux navires se perdirent en mer dans des circonstances différentes, dans lesquelles leurs organes de propulsion ne sauraient être mis en cause. Aujourd'hui toutes les marines étrangères étudient l'emploi des turbines sur les navires de guerre.

L'application des turbines aux navires de commerce ne devait pas non plus se faire attendre.

Pendant l'Exposition de Glascow, le *King-Edouard,* armé de turbines, fit le service des voyageurs sur l'estuaire de la Clyde. Depuis, on a lancé successivement la *Queen-Alexandra* et la *Queen-Victoria* qui font le service entre Calais et Douvres depuis plus d'une année.

Pendant que M. Parsons poursuivait ses recherches en Angleterre, l'ingénieur suédois de Laval arrivait à des résultats analogues par des moyens différents.

En 1883 il créa sa première turbine ou plus exactement un moteur à réaction. C'était une sorte de tourniquet à vapeur tournant à l'intérieur d'une boîte en fonte et communiquant son mouvement à un arbre principal par l'intermédiaire d'un cône de friction et d'une roue.

En 1889 M. dé Laval imagina sa turbine à simple disque et à arbre flexible qui est bien connue. L'obligation d'avoir recours à un engrenage délicat pour réduire la vitesse de rotation et, il faut bien le dire, une consommation trop grande de vapeur aux faibles puissances, devaient arrêter tout d'abord l'essor de ce genre de machine qui présentait en lui-même de très ingénieuses dispositions.

Pendant que ces essais se poursuivaient à l'étranger, un ingénieur français, M. Rateau (ingénieur au corps des Mines), entreprenait une étude approfondie des turbines à vapeur et, après une

série de recherches théoriques et expérimentales sur l'écoulement des fluides, parvenait à réaliser deux types de turbines : les unes à 1 ou 2 disques, les autres multicellulaires sur lesquelles nous nous étendrons particulièrement dans le cours de cette étude.

Du reste, pendant ces cinq dernières années, toutes les grandes maisons de construction, entrevoyant l'avenir réservé aux moteurs rotatifs, ont cherché à réaliser des turbines qui ne diffèrent souvent que par des dispositions de détail. Seule leur énumération serait trop longue; nous nous contenterons donc de retenir seulement les principales.

Comme on vient de le voir par ce rapide exposé, l'idée d'un moteur à mouvement circulaire a précédé et de beaucoup la conception de la machine à vapeur à piston. Toutefois, pour réaliser une turbine industrielle et pratique, il a fallu attendre que les progrès de la thermodynamique eussent révélé les propriétés des fluides élastiques et que ceux de la métallurgie eussent permis de disposer d'un métal suffisamment résistant pour supporter les énormes vitesses de rotation auxquelles on est conduit avec ces machines. Il fallait en outre qu'un agent nouveau, l'électricité, intervienne pour permettre d'utiliser directement ces mêmes vitesses sans l'interposition d'engrenages d'aucune sorte, et de concentrer dans un organe mobile, de dimensions aussi restreintes, comme un alternateur à haute tension, une énergie instantanée considérable.

Ainsi que nous le disions en commençant, les progrès des turbines ont donc été corrélatifs du développement de l'industrie électrique.

Classification des turbines à vapeur. — Les turbines à vapeur font partie de la classe générale des machines qui agissent sur un fluide au moyen de une ou plusieurs roues cloisonnées mobiles. Ici la roue mobile est poussée par le fluide moteur, la vapeur, lancée dans une direction appropriée par des canaux distributeurs. Une turbine, ou un élément de turbine à vapeur, se compose donc de deux organes fondamentaux : la roue mobile et le distributeur Ce dernier organe est formé comme dans les turbines hydrauliques, par des directrices courbes, ou bien il se compose simplement d'une ou plusieurs tuyères à section circulaire, comme par exemple dans la turbine de Laval.

De ce mode d'action il résulte immédiatement qu'on peut classer les turbines de trois façons différentes :

1° Suivant la façon dont la vapeur arrive aux aubes mobiles. Nous aurons ainsi les turbines avec tuyères de distribution et les turbines sans tuyères de distribution.

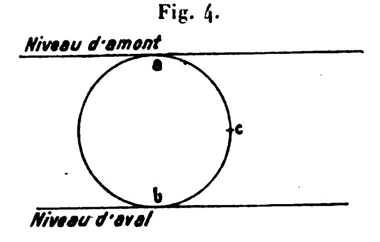
2° Suivant le trajet suivi par la vapeur, qui tantôt se déplace parallèlement à l'axe (turbines axiales) que M. Rateau (1) désigne sous le nom d'hélicoïdes; tantôt cheminant normalement à ce même axe (turbines radiales), qui se divisent elles-mêmes en : *a*, turbines centrifuges dans lesquelles la vapeur chemine en s'éloignant de l'axe; *b*, turbines centripètes dans lesquelles la vapeur chemine en se rapprochant de l'axe.

3° Suivant le mode d'action de la vapeur qui agit tantôt par sa force vive seule (turbine d'action), tantôt par la pression (turbine de réaction). Dans le premier cas c'est l'énergie cinétique de la vapeur que l'on utilise, dans le second cas c'est son énergie potentielle. Cette dernière classification est la plus rationnelle. C'est elle que nous adopterons par la suite.

Pour bien faire ressortir les caractères de cette classification nous nous servirons d'une comparaison empruntée à l'hydraulique.

Dans une roue à eau, l'eau peut agir en *a* (*fig.* 4)

Fig. 4.



par son poids seul (énergie potentielle) ou en *b* par sa vitesse (énergie cinétique). Les *roues en dessus* correspondent aux turbines de réaction, les *roues en dessous* aux turbines d'action.

On voit qu'on pourrait envisager une troisième catégorie de turbines : ce sont celles où la vapeur agirait à la fois par sa vitesse et sa pression et qui correspondraient aux roues de côté ou de poitrine, dans lesquelles l'eau agit en *c*, à la fois par son poids et par sa vitesse. L. DRIN.

(*A suivre.*)

(1) RATEAU, *Bulletin de la Société industrielle de l'Est*, mai 1902.



ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Expériences sur les courants de Foucault, par W.-M. THORNTON. — Communication faite à la séance du 14 décembre 1903 de la Section de Newcastle de l'Institution of Electrical Engineers. (*Electrician*, t. LII, 1er et 8 janvier 1904, p. 419-422 et 449-450).

1° *Essais sur des anneaux massifs de fonte et d'acier coulé.* — Les génératrices électriques subissent, du fait des courants de Foucault, une baisse de rendement qu'on détermine approximativement en partant de ce principe que les pertes par hystérésis et par frottements mécaniques sont proportionnelles à la vitesse, tandis que les pertes par courants de Foucault sont proportionnelles à son carré. L'essai permettant de séparer ces pertes s'effectue généralement ainsi : on fait fonctionner la machine à vide comme un moteur à excitation séparée, on laisse l'excitation constante et l'on fait varier la vitesse.

Si l'on porte en abscisses la vitesse ou la tension aux balais, en ordonnées le courant dans l'induit, on obtient une ligne qui coupe l'axe des ordonnées, et le courant correspondant aux pertes par courants de Foucault est représenté par les segments d'ordonnées compris entre cette ligne et une horizontale menée par le point d'intersection avec l'axe des ordonnées.

Avant d'étudier les pertes dans les machines, il est bon de connaître le rapport qui existe entre les pertes par courants de Foucault et les pertes par hystérésis et par effet Joule dans le cas théorique d'un anneau de fer plein recouvert d'un enroulement uniforme où l'on fait passer un courant alternatif. Pour cela, il n'y a qu'à mesurer les ampères et les watts absorbés par l'enroulement pour diverses valeurs de l'excitation et de la fréquence. Les essais ont été faits sur deux anneaux, l'un en fonte, l'autre en acier coulé, dont la figure 1 indique les dimensions. Leurs cycles d'hystérésis avaient été déterminés par une méthode spéciale, indépendante de l'influence des courants de Foucault. Le courant excitateur a été fourni successivement à chaque anneau à diverses fréquences (13,3; 18,8; 37 et 83,5 périodes par seconde). Voici quelques-uns des résultats obtenus :

VOLTS.	AMPÈRES.	WATTS.	$\cos\varphi$ (²).	FRÉQUENCE.	ri^2.	HYSTÉRÉSIS (watts).	COUR. DE F. (watts).	$\frac{\text{COUR. DE F.}}{\text{HYSTÉRÉSIS}}$.	$\frac{V}{i}$ (OHMS).
				TABLE I. — *Anneau d'acier coulé.*					
31,8	0,71	22,6	1,0	83,5	0,96	15,4	6,2	0,5	44,7
60,7	1,5	84,2	0,93	83,5	4,27	39,0	41,0	1,05	40,5
89,0	6,25	502,0	0,9	18,8	20,2	22,2	407,3	20,3	14,2
				TABLE II. — *Anneau de fonte.*					
100	0,67	60,5	0,9	83,5	1,3	21,0	38,0	1,8	149,0
45,2	0,534	21,4	0,89	37,0	0,83	12,5	8,0	0,64	85,0
102,5	0,782	68,4	0,84	37,0	1,78	49,6	17,0	0,34	132,0

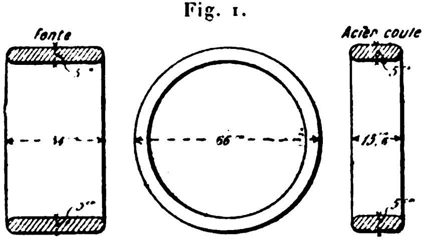
(¹) L'Office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXe), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

(²) On mesurait le facteur de puissance au moyen d'un oscillographe. La Table ci-dessus montre que ce facteur décroît à mesure que les pertes augmentent, ce qui ne peut être dû à un accroissement de la perméabilité, puisque c'est pour les faibles magnétisations qu'elle est la plus haute. Cela prouve donc que, pour une faible intensité dans l'enroulement inducteur, les courants de Foucault sont assez puissants (à cause de la valeur élevée du coefficient μ) pour empêcher les ondes magnétiques de pénétrer dans le noyau.

Le cas de noyaux métalliques pleins traversés par des flux alternatifs de ce genre ne se rencontre

Fig. 1.



Surface : 163^{cm^2}. 1000 spires (5,2 par centim.). Poids : 304^{kg}. | Surface : 73^{cm^2}. 777 spires (4 par centim.). Poids : 152^{kg}.

guère en pratique, mais on a souvent à s'occuper de carcasses métalliques pleines traversées par des flux dont l'intensité est inférieure à la saturation, et qui varient périodiquement à une fréquence rapide : c'est le cas des circuits magnétiques des alternateurs. Pour reproduire ces phénomènes dans ces expériences, l'auteur a mis une dynamo à courant continu en série avec un alternateur, et c'est la différence de potentiel ondulée ainsi obtenue qu'il a appliquée aux enroulements de ses anneaux. La tension alternative efficace était de 100 volts, la tension continue était de 52,2 volts dans un des essais, de 100 volts dans l'autre. Dans le premier cas, l'amplitude des oscillations du courant était 12 pour 100 de sa valeur moyenne et 17 pour 100 dans le second. Or, en pratique, les courants d'excitation des alternateurs sont affectés d'oscillations dont l'amplitude atteint en général 10 pour 100 de la valeur moyenne de l'intensité : les expériences rapportées ici reproduisent donc très sensiblement les conditions de la pratique. Elles ont donné les résultats suivants :

TABLE III.

TENSION continue.	TENSION alternative.	TENSION totale.	FRÉQUENCE.	AMPÈRES.	WATTS.	cos φ.
52,2	103	112	86	15,4	853,4	0,485
100	100	138	86	26,8	2410,0	0,65

H (continu) (¹).	H (alternatif).	HYSTÉRÉSIS (watts).	ri^2.	COURANTS DE F. (watts).	TAUX pour 100.	WATTS DISSIPÉS en courants de Foucault par centimètre cube du noyau.
89,6	10,4	3,5	690	180	12,1	0,055
156,2	26,6	0,0	2080	330	13,6	0,101

2° *Essai de machines à courant continu et à courant alternatif.* — On peut conclure de ces résultats que, dans une machine où le courant inducteur varie périodiquement, par l'effet de la réaction d'induit, d'environ 10 pour 100, il se produit des pertes par courants de Foucault, formant une forte fraction des pertes totales.

L'auteur s'est servi pour ses essais d'une machine dont la carcasse et les deux pôles inducteurs avaient un volume total de $30\,000^{cm^3}$; la magnétisation variable s'étendait dans tout cet espace, mais non avec la même amplitude partout. En la faisant fonctionner comme moteur excité en dérivation, à vide et à différentes vitesses, les pertes par courants de Foucault à la vitesse de 1150 tours par minute sont de 480 watts. D'autre part, la puissance perdue dans un noyau de fer varie comme le carré des ampères-tours alternatifs d'excitation; or, si l'on enroule autour de ce noyau un solénoïde, la tension secondaire qui s'établira entre ses extrémités sera pro-

(¹) On a employé l'oscillographe pour séparer les composantes continue et alternative de l'intensité. L'ampèremètre indique les valeurs de l'expression $\sqrt{(I + i \sin\theta)^2}$, de sorte que, connaissant les valeurs relatives de I et de i par les courbes de l'oscillographe, on peut déterminer leurs valeurs moyennes. Ainsi l'indication 26,8 de l'ampèremètre correspondait à 24 ampères continus et 4,08 alternatifs. La tension résultante se déterminait par un électromètre. On voit que l'intensité de la force magnétomotrice continue est si grande que, dans le second cas, le cycle d'hystérésis se trouve tout entier en dehors des limites de l'intensité du courant alternatif appliqué. Mais le flux périodique donne lieu, dans ce cas, à une perte de 330 watts par courants de Foucault.

portionnelle aux ampères-tours primaires; en mesurant cette tension secondaire à différents régimes, on pourra donc évaluer les fluctuations magnétiques qui donnent naissance aux courants de Foucault. L'auteur indique les résultats qu'il a obtenus par cette méthode, mais, comme ils lui paraissent peu vraisemblables, il a eu recours à un autre procédé, consistant à faire passer un courant alternatif dans l'enroulement inducteur en série de la machine et à mesurer la puissance absorbée à divers régimes d'intensité et de fréquence. Parmi les résultats obtenus, nous reproduisons les suivants :

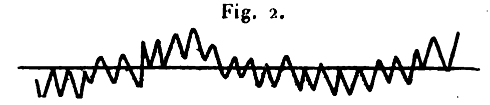
VOLTS.	AMPÈRES.	WATTS.	$\cos\varphi$.	NI.	ri^2.	COUR. DE F. (watts).	HYSTÉRÉSIS (watts).	COUR. DE F. / HYSTÉRÉSIS.
86,0	41,4	2300	0,64	4554	69,8	1975	225,0	7,7
43,0	17,75	468	0,61	1952	12,8	303,0	92,2	3,9
12,1	5,27	50,2	0,78	579,7	1,1	31,9	17,2	1,85

On voit qu'il faut faire passer dans l'enroulement environ 2000 ampères-tours à la fréquence 83 pour produire une perte par courants de Foucault comparable à celle qui a lieu quand la machine tourne à vide comme moteur, mais puisque cette perte varie comme le carré de la fréquence, il faudrait seulement 13,8 ampères-tours pour produire le même effet à la fréquence 1000, qui est celle de la commutation. On remarquera que la perte par courants de Foucault dans les parties pleines, soit $\frac{480}{30000}$ ou 0,016 watt par centimètre cube, n'est pas très différente de celle qu'indique la Table III pour les essais à courant alternatif effectués sur des noyaux déjà saturés.

3° *Influence des variations de la réaction d'induit et de la réluctance sur le champ magnétique.* — On vient de montrer qu'il peut se produire de fortes pertes par courants de Foucault dans les carcasses des machines à courant continu et à courant alternatif. Dans ces dernières, la cause principale de ces pertes est la variation de la réaction d'induit. Dans les machines à courant continu, il existe quatre causes de perturbation : 1° le centrage imparfait de l'induit ou l'inégalité des entrefers; 2° la variation de réluctance due au déplacement des dents de l'induit devant les pôles; 3° les légères oscillations de la zone magnétique pendant la commutation; 4° la variation de la réaction d'induit, due à des oscillations périodiques du courant dans l'induit, causées elles-mêmes par les oscillations de l'armature ou par l'irrégularité du couple moteur.

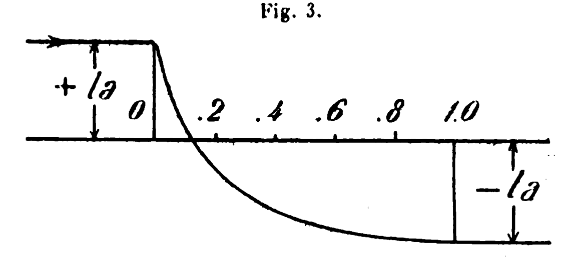
L'auteur relate à ce sujet les observations suivantes : il a enroulé autour de la carcasse d'une dynamo une bobine d'exploration de 10 spires dans le but d'observer les oscillations de son flux magnétique. Cette dynamo était l'excitatrice d'un turbo-alternateur triphasé de 1500 kilowatts; elle était bipolaire, montée à l'extrémité de l'arbre de la turbine et excitée séparément. La courbe de la figure 2 reproduit l'oscillogramme observé. Cette courbe décèle la présence de deux phénomènes périodiques : l'un en synchronisme avec le courant triphasé du circuit principal, l'autre en synchronisme avec la commutation dans l'excitatrice. L'inducteur mobile de l'alternateur a quatre pôles. Le moteur de l'oscillographe étant alimenté par le courant principal, l'oscillation à longue période qu'on voit sur la courbe doit avoir pour cause un phénomène dont la période est égale à la durée d'une demi-révolution de l'arbre. Le courant débité par l'excitatrice ne présentant aucune oscillation de ce genre, le siège du phénomène est évidemment dans l'excitatrice elle-même. On voit facilement que l'effet observé ne peut être dû qu'à une légère décentration de l'induit par rapport à l'arbre, donnant lieu, puisque la machine est bipolaire, à une oscillation de flux deux fois plus rapide que la vitesse angulaire de l'arbre, c'est-à-dire synchrone au courant principal. L'oscillation à courte période est, comme le montre

Fig. 2.



Oscillations magnétiques dans la carcasse de l'excitatrice d'un turbo-alternateur de 1500 kilowatts.

Fig. 3.



Oscillogramme de la variation du courant pendant la commutation, avec de larges balais de charbon.

la figure, quinze fois plus rapide que la précédente; sa fréquence est donc celle de la commutation, car le collecteur est divisé en trente lames. La machine débite 210 ampères à 30 volts, et le flux antagoniste varie de 125 ampères-tours environ pendant la durée de chaque mise en court-circuit sous les balais. L'auteur explique ici comment il a obtenu cette donnée ([1]).

On peut donc conclure que, des quatre phénomènes énumérés, le premier et le troisième donnent lieu à des courants de Foucault. Le second en produit aussi, comme on le constate par l'échauffement des pièces polaires dans les machines à induit denté. Il reste à examiner l'effet du quatrième.

4° *Influence de l'irrégularité périodique du mouvement de l'induit et des variations du couple de la machine à vapeur.* — Tandis que les trois sortes de perturbations qu'on vient d'examiner sont d'origine interne, la quatrième vient d'une cause extérieure. L'une de ces causes est particulière à certaines machines à courant alternatif. Les moteurs synchrones et les commutatrices, même munis d'amortisseurs, sont sujets à des oscillations périodiques indépendantes (phase swinging), qui naissent à la suite d'une brusque variation de charge. Les pôles reçoivent alors de l'induit des ondes magnétiques de basse fréquence, mais de grande intensité, et la perte d'énergie qui s'ensuit amortit les oscillations en peu de temps.

([1]) Soit θ l'angle du secteur que recouvre un balai. Si la commutation est parfaite, le courant passe d'un maximum positif à un maximum négatif pendant un déplacement angulaire θ de l'induit. Détachons une des connexions de l'enroulement induit au collecteur et relions les deux extrémités du circuit ainsi coupé à deux bagues collectrices. En reliant par une faible résistance les balais qui frottent sur ces bagues, on peut alors étudier par l'oscillographe la variation du courant. La figure 3 représente la courbe ainsi obtenue pour une dynamo munie de larges balais de charbon. On voit que le courant tombe rapidement à zéro et croît lentement en sens inverse jusqu'au maximum. Supposons que le courant s'annule au moment où le collecteur a tourné, depuis la mise en court-circuit, d'un arc égal à 0,06 de l'arc recouvert par le balai : le courant d'entrée décroît rapidement pendant que le courant de sortie augmente et l'effet sur les ampères-tours antagonistes est le même que si le premier gardait sa valeur maxima pendant une durée correspondant à l'angle $0,03\theta$, tandis que le second atteindrait sa valeur maxima à l'instant correspondant à un angle d'environ $0,7\theta$ avant la fin du court-circuit.

La variation résultante des ampères-tours antagonistes est égale à la moyenne de ces effets, soit à $\frac{0,36\theta i_a C}{360}$, C étant le nombre total des conducteurs induits. Soit $\theta = 20°$: la variation périodique du flux antagoniste dans l'excitatrice est de $\frac{0,36 \times 20 \times 10,5 \times 60}{360} = 123$ ampères-tours. Ce nombre paraît faible, mais, dans une machine à basse tension, il peut représenter une fraction importante des ampères-tours totaux.

Enfin l'irrégularité du couple moteur de la machine motrice, conduisant des dynamos à courants continu ou alternatif, est la cause des pertes par courants de Foucault les plus importantes. Elle fait varier les courants induits dans la génératrice synchroniquement avec le couple et détermine ainsi dans tout le réseau des oscillations qui se répercutent en pertes d'énergie dans les circuits magnétiques de tous les moteurs synchrones et commutatrices reliés aux câbles de distribution, comme on vient de l'indiquer. C'est, en un mot, un état de vibration déterminé et entretenu par la machine motrice. Dans tous les grands réseaux à courant alternatif, on peut constater des fluctuations de courant synchrones au mouvement du moteur; les turbines elles-mêmes ne sont pas tout à fait exemptes de cet inconvénient, à moins que les admissions de vapeur ne soient trop rapides pour que la machine puisse en suivre l'influence. Ces variations n'ont pas lieu avec le régulateur à papillon de l'ancien modèle.

P. L.

Fonctionnement des machines synchrones, par CARCANO. (*L'Elettricista,* t. XIII, p. 35, 1er février 1904).

L'auteur développe deux Mémoires lus à la Section de Milan de l'Association Électrotechnique Italienne: *Effet des lignes sur les alternateurs et sur les moteurs synchrones,* par G. Rebora, et *Contribution à l'étude des oscillations pendulaires propres des machines synchrones,* par G. Semenza.

Une station génératrice A, dont les machines pouvaient facilement être mises en parallèle entre elles, ne parvenait absolument pas à faire le service en parallèle avec une autre station B munie de machines du même type et fonctionnant bien entre elles en parallèle; des moteurs synchrones placés dans une sous-station C, à 45km de A et 13km de B, marchaient bien quand ils étaient conduits par B et ne pouvaient fonctionner avec A.

Dès la mise en parallèle, on observait de violentes oscillations pendulaires sur tout le système, au voltmètre et à l'ampèremètre de la machine, à l'ampèremètre d'excitation, aux régulateurs des turbines et jusque dans les tubes des turbines.

M. Rebora a reconnu que la cause de ces perturbations est électrique et non mécanique : A et B sont reliées de deux manières différentes par une ligne de 43km et par une autre de 84km; les deux stations génératrices marchaient bien en parallèle quand elles étaient reliées par la ligne la plus courte et non par l'autre.

C'est donc bien à la ligne que l'on devait attribuer les perturbations. Pour déterminer l'influence de la réactance et de la résistance, M. Rebora a placé,

entre deux machines de la même station en A et en B, une fois des résistances de manganine et une autre fois des réactances sans fer.

L'influence de la réactance est assez faible; tandis qu'en faisant varier la résistance on produisait très nettement les oscillations au-dessus d'une certaine résistance critique, qui était dans l'expérience de 12 ohms environ.

M. Semenza s'est proposé d'étudier les oscillations pendulaires des machines de différents types de l'usine Édison.

A l'usine de Sainte-Radegonde, deux moteurs synchrones, G. E., étaient réunis par une résistance variable de 0 à 40 ohms; ils pouvaient fonctionner soit tous deux comme alternateurs (mus par les dynamos qui leur sont accouplées, alimentées par les grandes batteries locales), soit l'un comme générateur, l'autre comme moteur.

Les phénomènes sont du même ordre dans les deux cas et ne diffèrent que par la valeur de la résistance à partir de laquelle ils apparaissent.

Les oscillations pendulaires propres n'ont pas besoin d'une influence extérieure qui détermine une première oscillation. L'amplitude et la période des oscillations croissent avec la résistance.

Dans une autre série d'expériences, un alternateur Brown de 250 chevaux était attaché comme moteur synchrone aux barres de l'usine de la Piazza Volta.

L'expérience a mis en évidence la grande influence de l'excitation sur la production des oscillations.

On a tracé la courbe de variation du courant absorbé en fonction du courant d'excitation. A 29 ampères correspondait le minimum de courant absorbé par le moteur, et il n'y avait pas d'oscillations sensibles; mais il suffisait de s'écarter un peu de cette valeur du courant d'excitation pour observer les oscillations.

La réactance du circuit tend à arrondir la courbe précédente en rendant moins rapide la variation de l'intensité absorbée lorsque varie le courant d'excitation; ceci explique l'action importante de la réactance pour diminuer l'amplitude des oscillations et par suite assurer la stabilité de la marche.

Dans le développement théorique qu'il donne, M. Semenza insiste sur la grande importance de la réaction d'induit pour ces phénomènes. G.

Sur l'accumulateur Jungner. (*Centralblatt für Accumulatoren*, t. V, 1er mars 1904).

Nous trouvons dans cet article quelques renseignements intéressants sur les accumulateurs Jungner [1] exposés en décembre 1903 à l'Exposition d'automobiles. Un type d'élément de traction avait comme dimensions extérieures : hauteur 300mm; largeur 73mm; longueur 82mm. Il renfermait 9 plaques (4 négatives et 5 positives) comprenant chacune trois pochettes unitaires. La capacité annoncée était de 65 ampères-heure au régime de 29 ampères avec une différence de potentiel moyenne de 1,12 volt.

Comme électrolyte, l'élément renfermait une solution de potasse à 30 pour 100. Cet élément était fermé hermétiquement à l'aide d'un couvercle en acier nickelé muni de bords en caoutchouc.

La construction des plaques se fait de la façon suivante. Les positives et les négatives, identiques d'aspect extérieur, consistent en cuvettes assemblées; ces cuvettes sont en acier nickelé et perforé de 0mm,2 d'épaisseur. Comme matière active positive, on emploie l'hydrate d'oxyde de nickel mélangé à du graphite afin d'augmenter la conductibilité. La matière négative est du fer très finement divisé également mélangé à du graphite. Les matières ne se lient pas ici comme dans l'accumulateur au plomb; aussi assure-t-on un contact intime entre la matière et le conducteur en soumettant les pochettes remplies de matière à une très forte pression (50 atmosphères et plus).

Une caractéristique des procédés Jungner est la formation genre Planté des électrodes positives en nickel dont quelques-unes étaient exposées. Ces électrodes présentent une coloration brun foncé et rappellent les électrodes en plomb peroxydé. Lorsqu'on attaque la couche superficielle de peroxyde de nickel, par exemple avec de l'acide chlorhydrique dilué, la surface apparente du nickel présente l'aspect de la mousse.

Ces plaques Planté offrent l'inconvénient d'une capacité massique insuffisante. Leur formation se fait dans une solution alcaline de chlorure de sodium, très étendue.

Le rendement de l'accumulateur Jungner ne dépasse pas 0,65 en énergie et 0,70 à 0,75 en quantité. La cause de ce mauvais rendement réside principalement dans la grande difficulté d'assurer le contact entre chaque particule de matière active et le support conducteur.

D'après des diagrammes exposés, un élément nickel-cadmium aurait effectué 512 décharges, la capacité initiale étant de 50 ampères-heure à 20 ampères et la capacité finale, 42 ampères-heure. Pendant cette période, un renouvellement de l'électrolyte n'était pas nécessaire; cependant, on a dû procéder à deux lavages de l'élément. C'est qu'il est difficile en effet d'éviter que, par suite des fortes surcharges, une petite quantité de matière ne se détache en fines particules et ne vienne former au fond du bac un dépôt volumineux.

9..

[1] Cet accumulateur est, comme l'accumulateur Edison, le couple peroxyde de nickel-potasse-fer. Il ne diffère de ce dernier que par les procédés de construction.



Un autre type d'accumulateur Jungner est l'accumulateur alcalin à l'argent (l'électrode négative étant le cadmium ou le cuivre). Des essais effectués en novembre 1900 à Stockholm ont montré qu'une voiture électrique munie d'une batterie de ce système peut effectuer un parcours de $148^{km},5$ sans recharge. La batterie essayée pesait 290^{kg} tout compris; elle comprenait 88 éléments; au régime de 5 à 7 heures, l'énergie massique atteint 50 watts-heure par kilogramme de poids total. Malheureusement le prix de ces éléments est très élevé.

Les électrodes d'argent exposées à Paris consistaient en toiles métalliques nickelées qui renfermaient la substance active provenant du chlorure d'argent. Ces électrodes avaient 4^{mm} d'épaisseur et présentaient une couleur grise. L. J.

Électrode à matière active mélangée de graphite; THOMAS-ALVA EDISON. Brevet allemand 147468 du 6 février 1901 (*Centralblatt fur Accumulatoren*, t. V, p. 78). — Lorsque la matière active n'est pas conductrice ou est peu conductrice, on la mélange avec du graphite sous la forme de petites écailles. On comprend que cette forme est avantageuse si l'on considère qu'en divisant un cube de matière conductrice en dix feuillets, la surface de contact avec la matière de l'électrode est environ 10 fois plus grande que si le cube était employé entier. La préparation des électrodes, dont la matière active est mélangée avec des écailles de graphite, se fait en malaxant intimement cette matière et ce graphite humectés de lessive de potasse, puis en comprimant en bloc de la forme désirée et en introduisant dans une cuvette en métal inerte dans l'électrolyte et dont les parois sont perforées. Les écailles de graphite sont plus grandes que les perforations des cuvettes. Le graphite en écailles a sur le graphite amorphe l'avantage d'être inattaquable par l'oxygène électrolysé en solution alcaline, tandis que le graphite amorphe n'offre à cette attaque qu'une résistance limitée. Les revendications du brevet sont les suivantes : 1° électrode dont la matière active est mélangée de graphite, caractérisée par ce fait que le graphite est employé sous la forme d'écailles; 2° électrode constituée d'après la revendication précédente et dont la matière active est introduite dans des cuvettes en matière inerte dont les parois sont perforées, cette électrode étant caractérisée par ce fait que les écailles de graphite mélangées à la matière active finement divisée possèdent une surface plus grande que celle des perforations, dans le but d'éviter que la matière active ne soit chassée par les ouvertures lors de l'expansion produite par l'absorption d'oxygène. L. J.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Emploi des interrupteurs de groupes de feeders dans les grandes stations centrales, par L.-B. STILLWELL. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 25 mars 1904. (*Street Railway Journal*, t. XXIII, p. 521-523, 2 avril 1904).

Dans beaucoup de grandes installations électriques américaines récemment établies, les feeders sont partagés entre un certain nombre de groupes, et un interrupteur appelé *interrupteur de groupe* est intercalé entre les barres omnibus principales et chaque groupe de feeders.

L'auteur se propose d'examiner si les services rendus par ces appareils justifient le supplément de complications et de dépenses qu'ils introduisent. Il considère spécialement leur rôle dans l'installation de la *Manhattan Railway Company*, à New-York. Dans cette usine, les barres omnibus principales sont dédoublées en deux groupes, dont chacun peut au moyen d'interrupteurs se diviser en deux groupes indépendants à chacun desquels peuvent se relier quatre alternateurs et quatre groupes de feeders. Il y a huit interrupteurs de groupes de feeders, reliant chacun les barres principales à un système de barres auxiliaires, d'où partent enfin les feeders, munis chacun d'un interrupteur. L'un des huit groupes de feeders alimente les machines auxiliaires de l'usine, les sept autres fournissent séparément l'énergie aux sept sous-stations. Tous les interrupteurs à haute tension sont isolés à l'huile et commandés par moteurs électriques.

Voici ce qu'on peut dire en faveur de l'interrupteur de groupe tel qu'il est employé à la *Manhattan Railway Company* :

1° Il fournit un moyen supplémentaire de couper le circuit d'un feeder dont l'interrupteur n'obéirait pas à la manœuvre;

2° Il permet, en cas de nécessité, de réduire la charge totale de l'usine plus rapidement qu'on n'y arriverait en coupant un à un les feeders. Il est quelquefois nécessaire d'isoler brusquement une génératrice du réseau; si la charge extérieure est alors trop forte pour les machines restant en activité, on la réduira très commodément en ouvrant un ou deux interrupteurs de groupes de feeders;

3° Là où les barres omnibus principales sont dédoublées, l'interrupteur de groupe de feeders facilite le transfert de la charge d'un système de barres à l'autre, opération qui devient quelquefois subitement nécessaire;

4° L'assemblage des feeders au départ en groupes dont la capacité est dans un rapport simple avec la puissance des unités génératrices introduit une symétrie très utile à l'électricien du tableau, surtout en cas d'accident. Dans l'installation considérée, pendant les périodes de pleine charge, la puissance transmise par chaque groupe de feeders est sensiblement égale à la puissance d'une unité génératrice. Cette égalité, bien entendu, ne subsiste pas aux charges partielles; mais, dans ce cas, il est d'ordinaire facile de maintenir entre la charge du réseau et la puissance limite des machines une marge telle qu'on puisse arrêter une des génératrices sans couper aucun feeder.

L'interrupteur de groupe a contre lui les inconvénients suivants :

1° En introduisant cet appareillage supplémentaire, on accroît les risques d'une interruption de service causée par rupture d'isolement dans les appareils, etc. L'emploi de trop d'appareils de sécurité, automatiques et autres, a causé des dommages à beaucoup d'installations, surtout en Amérique. Il faut noter d'ailleurs que les interrupteurs de groupes de feeders nécessitent l'installation de barres auxiliaires;

2° L'interrupteur de groupe et ses barres auxiliaires entraînent naturellement un supplément de frais d'installation. Pour l'usine de Manhattan, ce supplément est d'environ 10 pour 100 du prix des appareils de manœuvre et de mesure, et de 0,4 pour 100 du prix global de l'installation.

Dans les installations où la capacité de transmission du feeder égale ou dépasse la puissance de l'unité génératrice, il est évident que l'interrupteur de groupe est inutile. Il en est de même si les feeders sont peu nombreux.

Pour les installations comparables en importance à celle de la *Manhattan Railway Company*, où les feeders sont en très grand nombre, l'interrupteur de groupe et ses barres, soigneusement installés et isolés, sont d'un usage recommandable.

P. L.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes de transmission et distribution : Buck. USAP. 755740, 4 sept. 1902. — Déry (Max). USAP. 755853, 28 mai 1902. — Holladay. USAP. 755775, 21 août 1902. — Siemens. BP. 4138, 1904.

Canalisations: *Conducteurs*: Anderson. USAP. 753461, 3 avril 1903. — Callender. BP. 12283, 1902 (câbles). — Carolan. BP. 6502, 1903 (machine à enrouler). — Claremont. BP. 1848, 1904 (machine à envelopper). — Claremont et Beaver, BP. 8810, 1903 (câble). — Claremont et Stratton. BP. 6998, 1903. — Dieselshorst et Martin. BP. 12526, 1903. — Felten et Guillaume. DRP. 152025. — Pocklington. BP. 7612, 1903. — Stratton et Claremont. BP. 1847, 1904. — *Supports, conduites et isolants* : Ammon. BP. 758, 1904; BF. 339526, 12 janv. 1904 (procédé pour isoler les fils des conducteurs électriques). — Benedikt et Macek. BF. 339411, 7 janv. 1904 (mode de fixation des fils conducteurs aux isolateurs). — Dary. BP. 7983, 1903 (isolant). — General Electric Cy. BP. 7455, 1903 (boîte pour conducteurs). — Gest. USAP. 756844, 13 déc. 1902 (conduite). — Hanson et Lambert. USAP. 756627, 14 juin 1902 (isolateur). — Kinsley. USAP. 756026, 10 août 1903 (isolateur). — Mc Carthy. USAP. 756181, 11 fév. 1904 (isolateur). — Sachs. USAP. 757418, 3 janv. 1903 (dispositif de suspension isolant). — Snodgrass. USAP. 756724, 26 août 1903 (isolateur). — Wilson. BP. 3212, 1904. — *Connexion* : Lanchester. BP. 7064, 1903. — Haworth. 26174, 1903.

Prises de courant : Bouchet. BF. 339509, 11 janv. 1904 (borne). — Despradels. BP. 22087, 1903. — Hirst. BP. 9649, 1903. — Houghton. USAP. 757192, 20 déc. 1903 (fiches pour extrémités de fils). — Klein. USAP. 757203, 14 nov. 1902 (bouton pressoir). — Lundell. DRP. 151681. — Marsh. BP. 9088, 1903 (contact). — Rosenfeld. BP. 2504, 1904 (contact). — Sabat. BP. 28232, 1903.

Interrupteurs : Chauvin et Arnoux. BP. 4389, 1903. — General Electric Cy. BP. 7456, 1903. — Union Elektricitaets Ges. DRP. 152231. — Zwietusch. DRP. 151624.

Commutateurs : Adler. BP. 2438, 1903. — Ball. BP. 14563, 1903. — Bond, Deacon et Leather, BP. 10871, 1903. — Burnett. DRP. 151795. — Carolan. BP. 6490, 1903. — Callenders. BP. 11554, 1903. — Cullough. BP. 26961, 1903. — Davies. BP. 7377, 1903. — General Electric Cy. BP. 11728, 1903. — Hartley et Greenwood. BP. 7910, 1903. — Hewlett. USAP. 755771 et 755772, 29 janv. 1900 et 14 août 1903. — Hillyer. BP. 28147, 1903. — Lahmeyer. DRP. 151892. — Lewis, BP. 7415, 1903. — Mason et Brown. BP. 5011, 1903. — Mould. BP. 7618, 1903. — Otto. DRP. 151734. — Perkins. USAP. 756979, 29 oct. 1903. — Siemens et Halske. DRP. 151650 et 151960. — Somerville, Howard et Bullough. BP. 10646, 1903. — Sorensen. USAP. 756541, 23 nov. 1900. — Sperryn et Wood. BP. 6249, 1903 et 4451, 1904. — Thomson-Houston et Wedmore. BP. 6635, 1903. — Wartnaby, Dix et Sandford. BP. 4275, 1903.

Résistances et rhéostats : General Electric Cy. BP. 6185, 1903 (bobine de réactance). — Hoffelt. DRP. 151959. — Richter, Weil et Co. DRP. 151798. — Von Kramer. USAP. 756119, 1er sept. 1903. — Wiegand. USAP. 756445, 1er juin 1903. — Yates et Zimmer. USAP. 755827 et 755828, 25 juil. et 22 août 1903.

Coupe-circuit: Dixon. BP. 8883, 1903. — Elden, USAP. 756341 et 756782, 20 juin 1901 et 10 déc. 1903. — General Electric Cy. BP. 7452, 9810 et 11609, 1903. — Milburn. USAP. 756516, 31 mars 1903. — Moores et Ashton. BP. 6016, 1903. — Petit. BF. 339447, 12 janv. 1904 (limiteur disjoncteur calorique). — Sanders. BP. 5150, 1903. — Sargent. USAP. 755796, 14 mars 1900. — Sluce et Chase. BP. 3863, 1903. — Whipp. BP. 7241, 1903.

Parafoudre : Babcock. USAP. 757388, 20 sept. 1902.

Appareils divers : Crompton and Co et Goldschmidt. BP. 4533, 1903 (régulateur de potentiel). — Dysterud. USAP. 756605, 9 juin 1903 (régulateur). — Harrison. USAP. 757302, 21 avril 1903. — Hornsey et Anger. BF. 338690, 19 nov. 1903 (dispositif de sûreté pour circuits). — Jones. USAP. 756966, 20 nov. 1903 (panneau de tableau). — Kalbach. USAP. 756025, 12 mai 1902 (protecteur de circuit d'éclairage). — Lake. BP. 11418, 1903 (régulateur). — Le Blanc. BP. 6784, 1903 (régulateur de voltage). — Leitner. BP. 8812, 1903 (régulateur). — Stuart. BP. 5071, 1904 (régulateur de voltage).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

L'alternomoteur à répulsion, par C.-P. Steinmetz. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, sous le titre : *Alternomoteurs de chemins de fer.* (*Electrical World*, t. XLIII, p. 268-270, 6 février 1904).

La traction électrique, dit M. Steinmetz, réclame un moteur dont le rendement reste élevé à des vitesses très différentes. C'est-à-dire que le couple par ampère absorbé, à tension aux bornes constante, doit croître quand la vitesse décroît, la vitesse croissant quand la charge diminue.

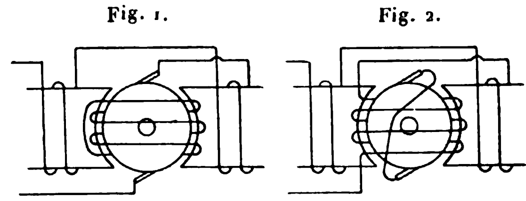
Après avoir rappelé que cette condition est réalisée par le moteur-série à courant continu, mais ne l'est

ni par le moteur en dérivation à courant continu, ni par le moteur à courants polyphasés (¹), M. Steinmetz s'occupe du moteur à courant alternatif simple.

Comme l'a montré Kapp en 1888, le facteur de puissance du moteur série à courant alternatif est nécessairement bas, puisque le même flux magnétique qui induit, proportionnellement à la fréquence de rotation, la force électromotrice de travail utile dans les conducteurs de l'armature, induit aussi, dans l'enroulement excitateur, une force électromotrice de self-induction proportionnelle à la fréquence du réseau, ce qui conduit à donner à l'armature le même nombre de spires qu'à l'inducteur (tandis qu'en bonne pratique les spires induites devraient être peu nombreuses par rapport aux spires inductrices). Même à la vitesse de synchronisme, la force électromotrice engendrée par la rotation de l'induit n'aurait qu'une valeur égale à celle de la force électromotrice de self-induction dans l'inducteur, et le facteur de puissance, en tenant compte de la self-inductance de l'armature, serait inférieur à 70 pour 100.

Eickemeyer a résolu la question en donnant à l'armature un nombre de spires plusieurs fois plus grand qu'à l'inducteur, et en neutralisant la self-inductance de l'armature au moyen d'un circuit secondaire fixe disposé normalement (au point de vue électrique) au flux inducteur. Cet enroulement est fermé sur lui-même en court-circuit ou excité par le courant principal dans le sens opposé à celui du courant dans l'induit. M. Steinmetz a essayé, en 1891, le premier moteur de ce type; son rendement était de 75,5 pour 100, et son facteur de puissance 79 pour 100. Mais, à cette époque, les fréquences usuelles étant de 125 à 133 périodes par seconde, la vitesse du moteur était trop grande.

On voit donc qu'il faut, pour rendre pratique le moteur série à courant alternatif, y introduire la fonction du transformateur, en disposant autour de l'induit un enroulement en court-circuit, qui joue le rôle du secondaire d'un transformateur dont l'induit est le primaire. C'est la disposition représentée schématiquement par la figure 1.



Schémas de moteurs-série à courant alternatif.

On peut encore obtenir le même résultat en prenant l'enroulement fixe pour primaire, c'est-à-dire en y faisant passer le courant d'alimentation et en mettant en court-circuit les balais de l'induit, qui devient alors le secondaire (*fig.* 2). Cette disposition a le grand avantage d'inverser le signe de la partie non compensée de la self-induction de l'induit, qui devient alors négative, d'où une amélioration notable du facteur de puissance, surtout aux faibles vitesses. En effet, dans un transformateur, les courants primaire et secondaire sont en opposition, mais le courant secondaire retarde d'un peu moins de 180° sur le courant primaire; si on le considère en sens contraire, il est donc en avance sur le courant primaire. Ainsi, dans la disposition de la figure 2, le courant dans l'induit est en avance sur le courant d'alimentation, de sorte qu'au lieu d'accroître le décalage en arrière, dû à la self-induction de l'enroulement excitateur, il le diminue.

Un moteur construit d'après ce principe se com-

(¹) Dans les moteurs électriques, le couple est produit par l'action d'un champ magnétique sur des courants circulant dans une armature mobile par rapport au champ. Si donc l'excitation du champ est constante (moteur excité en dérivation sur une distribution à potentiel constant), le couple est à peu près proportionnel au courant, la vitesse à peu près constante à toutes charges. Si le champ est excité par le courant de travail du moteur (moteur excité en série sur une distribution à potentiel constant), l'intensité du champ et, par suite, le couple par ampère, varient à peu près proportionnellement à l'intensité du courant; le couple total est donc à peu près proportionnel au carré du courant et la vitesse inversement proportionnelle à cette intensité, si l'on néglige l'influence de la saturation. La caractéristique de ce moteur est donc celle qui convient, comme on l'a dit plus haut, à la traction.

Le sens de rotation du moteur à courant continu étant indépendant du sens de la force électromotrice appliquée, ce moteur peut être alimenté par courant alternatif, si on le munit d'inducteurs feuilletés. Au lieu de faire passer dans l'induit le courant d'alimentation, on peut alors fermer l'induit sur lui-même et y introduire un courant, comme dans le secondaire d'un transformateur, au moyen d'une bobine primaire fixe.

Pour qu'un moteur à collecteur fonctionne en courant alternatif, il faut que le courant se renverse simultanément dans l'inducteur et dans l'induit. C'est nécessairement le cas dans un moteur-série. Mais, dans un moteur shunt, le courant induit, produisant du travail, est en phase avec la tension aux bornes, tandis que le courant d'excitation, étant magnétisant, retarde de presque 90° sur cette tension. Pour l'amener en phase avec elle, Stanley a tenté l'emploi de condensateurs placés en série dans le circuit inducteur; mais il a échoué, car il est impossible de neutraliser la self-induction des inducteurs, qui varie avec la commutation et la fréquence, par la self-induction négative des condensateurs, qui varie aussi avec la fréquence, mais en sens inverse. On a trouvé la solution du problème dans l'emploi des courants polyphasés, où l'on utilise, pour l'excitation du champ, la force électromotrice en quadrature avec les courants induits. M. Steinmetz dit que, comme il l'a montré ailleurs, le moteur asynchrone polyphasé peut être regardé comme le pendant, pour les courants alternatifs, du moteur shunt pour les courants continus; il en a en effet tous les caractères au point de vue de la vitesse, du couple, etc. C'est pourquoi le moteur asynchrone polyphasé n'a été que très rarement appliqué à la traction.

pose donc d'une armature en court-circuit entourée de deux bobines perpendiculaires l'une à l'autre et reliées en série (*fig.* 3) : l'une, A_2, parallèle au cir-

Fig. 3.

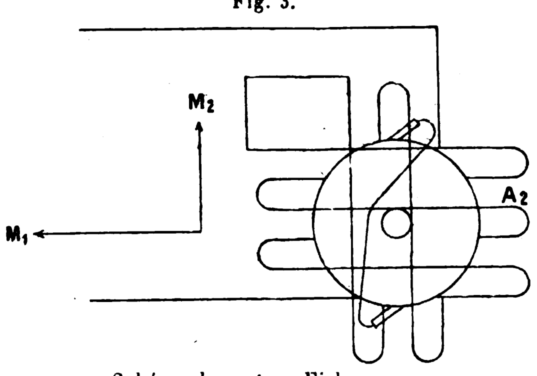


Schéma du moteur Eickemeyer.

cuit induit et y développant des courants par induction statique; l'autre, A_1, qui est l'excitatrice. Le rapport entre les nombres de spires de ces deux bobines correspond au rapport du nombre des spires induites à celui des spires inductrices dans le moteur-série. Ces deux bobines peuvent évidemment être remplacées par une bobine unique dont l'axe est oblique par rapport à la ligne des balais (*fig.* 4). On obtient ainsi le moteur à répulsion du professeur Elihu Thomson.

L'armature est le siège de deux forces électromotrices induites : l'une, due à l'alternance du flux magnétique M_2 de la bobine A_2, est proportionnelle à M_2 et à la fréquence du réseau, et en quadrature avec M_2; l'autre, due à la rotation de l'induit dans le flux M_1 de la bobine A_1, est proportionnelle à M_1 et à la fréquence de rotation, et en phase avec M_1. Ces deux forces électromotrices doivent être égales, opposées et en synchronisme, puisque l'armature est en court-circuit (en négligeant la résistance et la réactance de self-induction de l'armature). Donc, dans l'armature du moteur de la figure 3 et, par suite, dans celle du moteur à répulsion (*fig.* 4), les flux M_1 et M_2 sont égaux et en quadrature. A la vitesse du synchronisme, le champ tournant est uniforme; les pertes hystérétiques, dans l'armature, sont donc nulles à cette allure; aux autres vitesses, elles sont proportionnelles à la différence entre la vitesse actuelle et celle du synchronisme, c'est-à-dire au glissement, comme dans le moteur asynchrone polyphasé, tandis que, dans le moteur de la figure 1, les pertes hystérétiques, dans le noyau induit, sont proportionnelles soit à la fréquence du réseau, soit à la fréquence de rotation, selon que l'une ou l'autre est la plus élevée. Les pertes par hystérésis, dans le moteur à répulsion, sont donc moindres que dans la même machine montée en moteur-série compensé.

L'auteur démontre que les flux M_1 et M_2 sont en quadrature (¹). Il donne ensuite la théorie du moteur à répulsion, considéré comme un transformateur dont le secondaire fait un angle constant ω avec le primaire, de sorte que le mouvement est dû à l'effort de répulsion qui s'exerce entre les circuits

Fig. 4. Fig. 5.

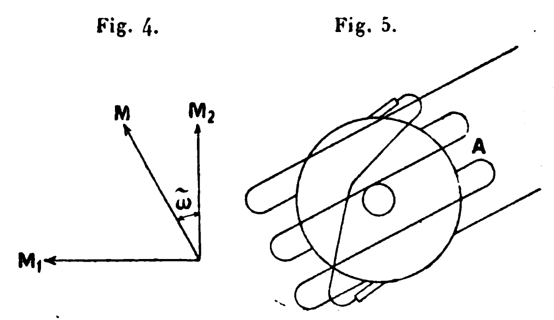


Schéma du moteur à répulsion Thomson.

primaire et secondaire. Une des conséquences qu'il en tire est que le moteur à répulsion, différent en cela du moteur-série, est réversible; il peut fonctionner en génératrice et restituer de l'énergie au réseau, même aux faibles vitesses. C'est ce que l'expérience vérifie.

L'auteur indique ensuite quelques considérations, dont une théorie plus complète devrait tenir compte. C'est ainsi que les impédances primaire et secondaire ne peuvent être regardées comme constantes, la densité du flux magnétique étant très variable

(¹) Dans le moteur à répulsion de la figure 5 : soit M_2 (*fig.* 4) le flux magnétique parallèle à la ligne des balais, qui engendre une force électromotrice induite par son alternance seulement, soit M_1 le flux magnétique perpendiculaire à la ligne des balais, qui engendre une force électromotrice dans l'armature seulement, en raison de la rotation de celle-ci; soit M le flux magnétique parallèle à l'axe de la bobine primaire, qui est beaucoup plus voisin de M_2 que de M_1, puisque, pour obtenir un facteur de puissance élevé, il faut réduire beaucoup l'angle ω; alors la force électromotrice induite dans l'armature par la rotation à travers le flux M_1 est

$$E_1 = 2\pi N_0 M_1 n$$

et celle induite par l'alternance du flux M_2 :

$$E_2 = -j\,2\pi N M_2 n$$

où

n = nombre des spires de l'armature
N = fréquence du réseau
N_0 = fréquence de rotation.

Puisque approximativement $E_2 = E_1$, on a

$$jN_0 M_1 = N M_2$$

ou :

$$\frac{jM_1}{M_2} = \frac{N}{N_0},$$

c'est-à-dire M_1 et M_2 sont en quadrature, et le rapport de leurs intensités est inversement proportionnel au rapport de la vitesse à celle du synchronisme.

dans le moteur à répulsion. De plus, il faudrait avoir égard à la répartition de chacune des forces magnétomotrices considérées dans l'entrefer. Enfin, il faudrait tenir compte du courant qui circule dans les sections de l'armature au moment où elles sont mises en court-circuit par le passage des lames correspondantes du collecteur sous un balai.

Discussion. — Plusieurs orateurs et correspondants ont discuté la communication précédente.

M. B.-G. LAMME rappelle qu'il a proposé de classer les alternomoteurs à collecteur ayant les caractéristiques des moteurs-série, en deux groupes : moteurs-série simples et moteurs-série à transformateurs. Le type série-transformateur se subdiviserait en deux autres : l'un, dans lequel l'armature ou l'inducteur est alimenté par un transformateur extérieur; l'autre, dans lequel le moteur lui-même fait office de transformateur. Ce dernier type est le moteur à répulsion. M. Lamme donne la préférence au moteur-série simple, pour les raisons suivantes : son poids est moindre pour une puissance utile donnée; l'entrefer est plus large pour une absorption donnée de puissance au démarrage; le courant qui s'établit dans les bobines mises en court-circuit par les balais, courant qui est maximum au démarrage, est moindre dans le moteur-série simple. Enfin, on peut faire fonctionner le moteur à des tensions différentes en se servant de prises de courant établies à cet effet sur le transformateur qui l'alimente. Le moteur devra être normalement enroulé pour de basses tensions.

M. A.-H. ARMSTRONG pense qu'on peut construire des moteurs à répulsion destinés à recevoir directement un courant à la tension de 2000 ou 3000 volts, ce qui allégera les voitures motrices du poids des transformateurs. L'emploi de ces moteurs en service courant fera savoir s'ils résistent bien à ces tensions.

En réponse à une question de M. O.-S. Lyford, M. LAMME dit que la Compagnie Westinghouse construit actuellement des moteurs de 150 chevaux, pouvant se placer sur des roues de 84^{cm}. On a calculé qu'on pourrait monter des moteurs de 200 chevaux sur des roues de 91^{cm}.

P. L.

Conveyeur électrique pour le Zambèze (*Engineering*, t. LXXVII, p. 572-573, 22 avril 1904). — Ce conveyeur, construit par la Cleveland Bridge and Engineering Company, de Darlington, est destiné au transport d'une rive à l'autre du Zambèze des matériaux nécessaires à la construction d'un pont sur ce fleuve pour le passage de la ligne du chemin de fer du Caire au Cap. L'installation comporte un câble de 6^{cm} environ de diamètre allant d'une rive à l'autre (rives écartées de plus de 200^{m} et descendant presque verticalement jusqu'au niveau du fleuve qui coule à 150^{m} en contrebas); une des extrémités de ce câble est ancrée fortement, l'autre est attachée à un contrepoids de 40^{t}. Sur le câble roule un chariot-treuil pouvant porter une charge de 10^{t}; les mouvements du levage de la charge et du déplacement du chariot sont commandés par un moteur électrique; le courant est amené au moteur par un conducteur en cuivre qui longe le câble de transport et par un trôlet. L'article contient 30 figures montrant les détails de construction du pylône qui soutient le câble à 12^{m} au-dessus du sol du côté de l'ancrage et de la poutre armée inclinée à laquelle sont fixés, d'une part le contrepoids, d'autre part l'autre extrémité du câble.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : ADLER. DRP. 151976 (continu). — BREMER. DRP. 151569 (magnéto-thermique). — BURDON. USAP. 754124, 13 juil. 1903 (oscillant). — CRAPTON et Co et GOLDSCHMIDT. BP. 3705, 1903 (monophasé). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 6487, 6491, 7139, 7141, 1903 (alternatif). — KAPISCH. DRP. 151889. — LYNN. USAP. 755732, 7 août 1903. — RAWORTH. BP. 5494, 1903. — SIEMENS et HALSKE. BP. 21305, 1903 (méthode pour maintenir deux moteurs en synchronisme). — SOCIETE ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. BF. 339497, 11 janv. 1904 (système de protection pour moteurs asynchrones). — THOMSON. USAP. 755814, 8 septembre 1903 (procédé d'égalisation du courant entre deux moteurs). — WATMOUGH. USAP. 755819, 2 sept. 1902 (à induction).

Démarrage et régulation. — BUTLER. USAP. 757019, 13 sept. 1902. — CAROLAN. BP. 6494, 1903. — CASE. USAP. 755744. — CORSEPIUS. DRP. 150694, 8 mars 1902. — DUNN. USAP. 754980, 20 août 1903. — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 5170, 5292, 7462, 1903. — KOHLER. BP. 26273, 1903. — LAHMEYER. BP. 7716, 1903; 711, 1904; DRP. 149818, 18 juil. 1902; 151865. — LEITNER et LUCAS. BP. 3425, 1903. — LINDQUIST. DRP. 151735. — LYNN. USAP. 755731, 13 juin 1903. — Mc LEAN. BP. 4393, 1903. — O'NEILL. BP, 12260, 1903. — RAWORTH, BP. 10723, 1903. — REIST et HENSHAW. USAP. 755793, 27 juin 1902. — RUCKENBROD. USAP. 756711, 26 janv. 1902. — SCHUREMAN. USAP. 756534, 11 janv. 1904. — VARLEY DUPLEX MAGNET. CY. BP. 3631, 1904. — VICKERS SONS AND MAXIM. BF. 337020, 26 nov. 1903. — VOIGT et HAEFFNER A.-G. DRP. 150593, 27 août 1903. — VON KRAMER. BP. 6337 et 6719, 1903. — VON ZWEIBERGK. BP. 6718, 1903. — WINTER et EICHBERG. BP. 7293, 1903. — ZANI. USAP. 755829, 30 juin 1900.

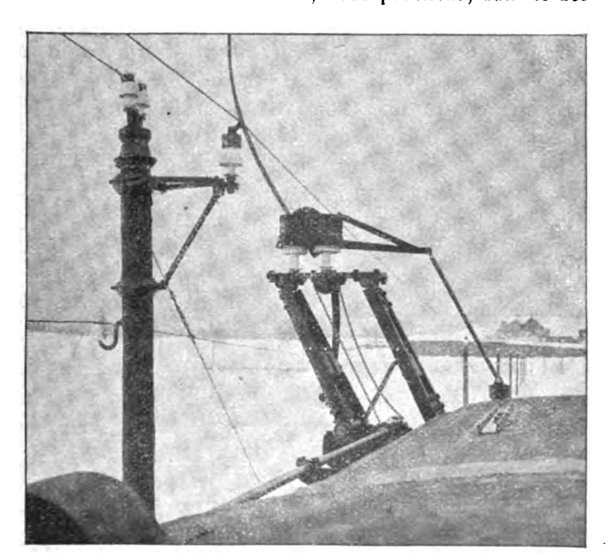
Electro-aimants : BAYERISCHE ELEK. WERKE. DRP. 150210, 9 juin 1903. — GREGORY. USAP. 753879, 9 avril 1903. — KELLER et KADOW. USAP. 752345, 23 mai 1903. — KLINGELFUSS. USAP. 755229, 28 sept. 1903. — LATOUR. BF. 337052, 20 oct. 1903 (procédé d'excitation des électro-aimants ordinaires avec des courants alternatifs). — PARSONS. BP. 9324.

Machines et appareils : STEVENS. BP. 9382, 1903 (ascenseur). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 5289, 1903 (ventilateur). — HENBACH. DRP. 151888 (mach. à battre). — AUTOMATIC ELECTRIC PUMP CY. BP. 7960, 1903 (pompe). — HOLDEN. USAP. 755774, 16 avril 1900 (horloge). — TALCOTT et KERR. USAP. 753757, 11 mars 1903 (horloge). — TIFFANY. USAP. 754397, 30 nov. 1901 (horloge). — THOMPSON. USAP. 754622, 6 déc. 1895 (horloge). — POWERS et JEWELL. USAP. 753809, 14 août 1901 (appareil automatique pour instruments de musique). — STEWART et CHANKS. BP. 6466, 1903 (manœuvre de water-closet). — LOMBARDI. USAP. 755897, 19 déc. 1903 (lock). — BEYREISS. BP. 5796, 1903 (arrêt électromagnétique). — Mc MILLAN. USAP, 755577, 29 juil. 1902 (vibrateur). — DEAN. USAP. 755630, 24 mars 1902 (sonnerie). — RENTSCH et SCHUBERT. BP. 27830, 1903 (sonnette). — COLE. USAP. 757271, 4 oct. 1902 (gong). — ARNOLD MAGNETIC CLUTCH CY. BP. 1349, 1904 (embrayage). — BECHEM et KEETMAN. BP. 3746, 1904 (embrayage). — EASTWOOD. USAP. 754291, 26 janv. 1904 (embrayage). — RIDDELL. USAP. 752590, 27 juil. 1901 (embrayage). — DINGS. USAP. 755282, 23 mai 1903 (séparateur de minerai). — EDISON. USAP. 754756, 29 mai 1903 (séparateur de minerai).

Signaux : ADAMSON. USAP. 754406, 12 juin 1903 (ch. de fer). — ADOLF BLEICHER AND CY. BP. 27734, 1903 (ch. de fer). — BEER. BP. 26190, 1902. — BEZER. USAP. 754362 et 754363, 16 oct. 1901 (ch. de fer). — BOULTON. BP. 3102, 1903 (indicateur d'arrêts). — BREEDLAVE et GRANT. BP. 26783, 1903 (ch. de fer). — BRUCK. USAP. 753666, 26 janv. 1903 (ch. de fer). — CHEATHAM. USAP. 756156, 8 août 1903 (tramways à trôlet). — COLTHAR. USAP. 753365, 24 juillet 1903 (ch. de fer). — DANNEELS. BP. 23750, 1903. — FALLER. USAP. 757030, 22 juin 1903. — FELLER. USAP. 754208, 24 avril 1902. — FRED. USAP. 754555, 9 mars 1903 (incendie). — FRIEDBERG. USAP. 755125, 11 nov. 1903. — GEHRUNG. USAP. 755127, 8 fév. 1902. — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 7137, 1903. — GIBBS. BP. 27924 (ch. de fer élect.). — HANNA. USAP. 756957, 7 mai 1902. — HARVEY. BP. 8112, 1903. — HOLTMANN et BUTLER. USAP. 757191, 5 mars 1903. — KARNS. USAP. 757125, 12 nov. 1903 (chem. de fer). — KERNOHAN. USAP. 752843, 23 mai 1903. — KERSHNER. USAP. 755140, 21 juin 1902 (ch. de fer). — LANEY, TOLEDO et LONGNECKER. USAP. 755890, 24 nov. 1902. — LUDDECKENS. USAP. 754152, 21 fév. 1903. — LUECKERT. USAP. 755783, 10 déc. 1902. — MOSHER. USAP. 753999, 25 fév. 1903. — O'BRIEN. USAP. 752408, 1er nov. 1902. — PAYNE. USAP. 756275, 11 août 1903 (signaux pour ascenseurs). — PEARNE et KRUM. USAP. 754689, 3 fév. 1902 (signaux sélectionnés). — PETERS. BP. 21637, 1903. — PIEPER. BP. 1714, 1904; BF. 336876, 21 nov. 1903. — RAMSAY. USAP. 757346, 29 mai 1903 (ch. de fer). — REED. USAP. 756048, 4 sept. 1902 (alarme). — ROBINSON et GREEN. USAP. 754390, 26 nov. 1901. — RORER. BP. 3246, 1904 (indicateur à distance du mouvement d'une aiguille). — SCHMITZ. USAP. 755708, 4 sept. 1903 (alarme). — SHOEMAKER. USAP. 756719, 19 août 1902. — THORSEN. USAP. 757364, 24 septembre 1903 (alarme). — VAN DER HEGGE-ZIJNEN. USAP. 754359, 26 mai 1902 (ch. de fer). — VENABLE. USAP. 754030, 11 avril 1903 (alarme pour machine linotype). — WEEKS, USAP. 756999, 20 janv. 1904 (indicateur de niveau).

TRACTION.

Nouvelle prise de courant pour chemins de fer, par E. THOMANN. — Sous ce titre, nous publiions, dans le dernier numéro de *La Revue électrique*, p. 257, la description d'une prise de courant imaginée par la Société Œrlikon.



La figure ci-jointe, dont l'épreuve photographique, obligeamment envoyée par cette Société, nous est parvenue trop tard, donne une vue de ce dispositif et montre comment le conducteur d'alimentation est supporté par les isolateurs.

BREVETS RÉCENTS.

Tramways et chemins de fer. — *Systèmes :* COOPER. BP. 9712, 1903 (ch. de fer). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 6497 et 7140, 1903 (ch. de fer). — HEARSON, BLEICHERT et Co. BP. 27733, 1903 (ch. de fer). — HOLBROW. BP. 18712, 1903 (ch. de fer). — LOVELL. USAP. 756511, 3 nov. 1903 (tramway). — MAHONEY. USAP. 755899, 20 avril 1903. — MEUSCHEL. USAP. 795905, 4 mai 1903. — MONNIER. BP. 16583, 1903 (ch. de fer pour transport de lettres). — SAYER. BP. 7829, 1903 (ch. de fer). — SIEMENS et HALSKE. BP. 193, 1904 ch. de fer). — ZUPPINGER. BP. 2928, 1903 (tramway). *Conducteur et Voie :* CABLE. USAP. 757264, 11 mars 1903 (couverture de troisième rail). — HELIOS ELEKTRICITAETS. A. G., BP. 4442, 1903 (connecteur). — LANDSIG. USAP. 755889, 25 avril 1900 (connecteur). — Mc GOWAN. USAP. 757138, 22 déc. 1903 (troisième rail). — POTTER. USAP. 756980, 5 juil. 1902 (couverture de troisième rail). — THOMAS. USAP. 757070, 19 mars 1903 (connecteur). — WILKINS. USAP. 756757, 24 juil. 1903 (couverture de troisième rail). — ZEALANDER et CUMMINS. BP. 6892, 1903 (connecteur). *Trôlet :* CHERRY. USAP. 755999, 3 nov. 1902. — FIELDING. BP. 11242, 1903. — JOHNSON. USAP. 756959, 15 juil. 1903. — KARSLAKE. BP. 5913, 1903. — ROBERTSON. BP. 28355, 1903. — TURNER et ISHERWOOD. BP. 7387, 1903. — WAKEFIELD et MORSE. USAP. 756547, 18 déc. 1903. — WILSON. USAP. 756550, 18 fév. 1904. *Divers :* ALGONQUIN ELECTRIC BRAKE CY. BP. 3170, 1903 (frein). — BALDWIN. USAP. 756316, 18 déc. 1902 (commutateur électromagnétique). — BOWRING. BP. 7819, 1903 (protecteur). — GIBBS. USAP. 757107, 26 août 1903 (dispositif de sûreté). — HINDLEY. BP. 7639, 1903 (contrôleur). — MARKS. USAP. 756870, 4 fév. 1903 (commutateur). — PIEPER. USAP. 756523, 5 janvier 1904 (coupe-circuit automatique). — WOODS. USAP. 755825, 31 déc. 1902 (frein).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Système Bruné-Turchi de télégraphie et de téléphonie simultanées. (*L'Elettricista,* t. XIII, p. 31, 15 janvier 1904).

Les professeurs Battelli et Righi ont récemment expérimenté à Bologne et à Ferrare le nouveau système de télégraphie et téléphonie simultanées préconisé par les ingénieurs Bruné et Turchi. Les résultats obtenus en présence des deux physiciens italiens ont été tout à fait satisfaisants.

Craignant que le récepteur téléphonique ne pût être soustrait qu'aux courants perturbateurs de basse fréquence, on a fait un important essai de télégraphie et téléphonie simultanées à Ferrare. On a obtenu une forte et nette audition tandis que sur le même fil une machine télégraphique Wheatstone produisait des émissions de courant de très grande fréquence.

Les perturbations dues aux courants qui circulent dans les circuits voisins sont bien éliminées. Aussi on a obtenu une très bonne conversation sur le fil télégraphique 121 (Venise-Florence), tandis que le fil parallèle 86 (Venise-Gênes) était en service public.

La nouveauté du système Bruné-Turchi ne consiste évidemment pas dans la simultanéité possible des deux modes de transmissions; de nombreux procédés ont été déjà décrits et certains d'entre eux sont en exploitation. Mais les méthodes employées consistent assez généralement à prolonger le temps nécessaire à l'établissement du régime normal des courants télégraphiques afin d'amortir les actions électromagnétiques qu'ils provoquent sur le téléphone appliqué au système télégraphique en action; l'amortissement est en grande partie obtenu par l'introduction de résistances inductives. Ces systèmes ont l'inconvénient de ne pas éliminer les courants induits par les fils télégraphiques voisins et de ne pas permettre l'emploi de machines télégraphiques rapides, Hughes, Wheatstone, Baudot.

Le problème analytique étudié par les inventeurs (1) est d'ailleurs un problème général dont le système de télégraphie et téléphonie simultanées n'est qu'un cas particulier :

Étant donnés deux courants alternatifs de fréquence différente parcourant un même circuit, éliminer à volonté l'effet de l'un d'eux.

Comme un courant téléphonique et un courant induit provoqué par les courants télégraphiques ont tous deux le caractère alternatif, avec fréquence différente, la résolution du problème général entraîne celle du cas particulier où il s'agit de rendre nuls les effets du courant télégraphique induit et de laisser subsister ceux du courant téléphonique.

Le professeur Banti a donné une description succincte du système (2).

Imaginons un circuit fermé qui, sur un certain parcours, se sépare en deux branches de même résistance ohmique, constituant un enroulement différentiel sur un noyau de fer doux. Si les deux dérivations ont une impédance différente, on conçoit qu'avec un courant d'une fréquence donnée il est impossible de régler les deux impédances, de sorte que le flux résultant à travers le noyau soit nul. Si donc deux courants de fréquence α_1 et α_2 parcourent le circuit et si celui-ci est réglé pour la fréquence α_1, le courant de la fréquence α_2 seul donnera un flux différent de zéro.

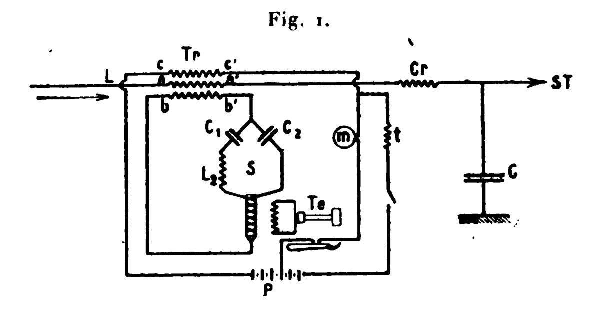
Si le noyau de fer doux est celui d'un téléphone, celui-ci révélera seulement les effets du courant α_2 et d'une manière générale de tous les courants de fréquence différente de α_1; un tel circuit est dit *séparateur*.

La discussion analytique montre que le séparateur n'élimine pas seulement les effets de courant d'une fréquence donnée, mais aussi ceux des courants dont la fréquence est très voisine de celle qui donne l'élimination parfaite.

En outre, pour une fréquence peu différente, la membrane télégraphique par son inertie ne manifestera pas d'action. Il existe une *zone de tolérance*.

La figure 1 représente schématiquement la disposition employée, L est la ligne qui sert au service simultané et va à la station télégraphique ST. En série avec la ligne télégraphique est placé l'un des trois enroulements *aa'* du transformateur T_r, l'un des deux autres *cc'* sert au microphone *m* et au système d'appel, et l'autre *bb'* appartient au séparateur S. Le séparateur se divise en deux branches comprenant les capacités C_1 et C_2, une inductance L_2 et les deux enroulements différentiels du noyau, lequel sert aussi de noyau à un troisième enroulement, celui du téléphone T_e qui est un type ordinaire.

Fig. 1.



Le microphone *m* est aussi du type courant, sa bobine est constituée par les enroulements *aa' cc'*.

Pour l'appel on ne peut songer au système électromagnétique habituel qui produirait des perturbations dans les appareils télégraphiques. L'appel est fait au moyen d'une corne électrique c_2 en série avec la ligne et mise en action par un vibrateur *t* dont la bobine est celle même du microphone.

Le circuit du téléphone est maintenu fermé par un condensateur de ligne C de petite capacité mis en dérivation entre l'extrémité de chacun des postes téléphoniques et la terre.

Le problème résolu permet d'adapter la nouvelle disposition à l'élimination des perturbations provoquées dans un circuit téléphonique par les courants industriels. G. GOISOT.

Méthode simple pour réaliser deux rotations synchrones à deux stations éloignées, au moyen du fréquencemètre de Hartmann-Kempf, par A. KORN. (*Physikalische Zeitschrift*, t. V, p. 25, janvier 1902).

Dans la transmission télégraphique des photographies, des gravures, des manuscrits, une des conditions essentielles est le synchronisme des rotations des deux tambours transmetteur et récepteur.

(1) *L'Elettricista*, t. XII, p. 185, 1er août 1903. Une traduction en a été donnée dans *L'Éclairage électrique*, t. XXXVIII, p. 175, 1904.

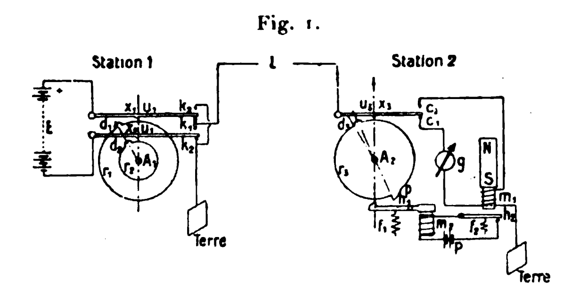
(2) *L'Elettricista*, t. XII, p. 117.

Les moteurs excités en dérivation sont, parmi les moteurs à courants continus, ceux qui donnent la vitesse la plus uniforme. Il est nécessaire que la puissance du moteur soit relativement grande par rapport à celle qu'exige la mise en marche des tambours : une puissance de 0,35 kilowatt est toutefois suffisante, même quand on en emploie 0,22 à fournir du courant alternatif. Ce courant alternatif, recueilli par deux bagues montées sur le moteur, est envoyé dans un fréquencemètre de Hartmann-Kempf.

On maintient constante la fréquence, c'est-à-dire la vitesse du moteur, en agissant sur l'excitation ; ce procédé permet de régler la vitesse aux environs de 50 tours par seconde à $\frac{1}{4}$ pour 100.

Pour obtenir le synchronisme des deux tambours, on agit seulement sur l'un d'eux T, celui qui tourne le plus vite. Supposons que la fréquence soit 100 : on arrête automatiquement le tambour T à chaque révolution pendant un temps $(\frac{1}{100} + \varepsilon)$, ε étant l'écart de marche par rapport à la marche synchrone.

Fig. 1.



La figure 1 représente schématiquement le dispositif.

Les tambours A_1, A_2 reçoivent leur mouvement des moteurs avec une réduction de vitesse convenable : Supposons que l'axe A_2, le plus rapide, fasse 101 tours par seconde, tandis que A_1 en fait 100. A chaque révolution, A_2 sera arrêté pendant $\frac{1}{100}$ de seconde par le crochet que porte un levier h_1, crochet qui vient arrêter la came p portée par le manchon r_3 ; ce manchon est monté à frottement doux sur A_2, suffisant pourtant pour qu'il parte immédiatement à pleine vitesse dès que la came p devient libre ; il est commode de pouvoir régler ce frottement.

La came devient libre dès qu'un point déterminé d_1 du tambour r_1 (ou d_2 de r_2) atteint le point t_1 du levier u_1 (ou t_2 du levier u_2). A ce moment la station I envoie dans la station II un courant qui, par l'intermédiaire d'un relais, écarte le levier h_1.

La transmission doit être interrompue pendant l'arrêt : la mise hors circuit du récepteur se fait automatiquement.

Les courants de ligne vont du pôle + de la batterie E par le commutateur u_1, l'interrupteur k_1, la ligne L, le commutateur u_3, l'interrupteur c_1, le récepteur g, au sol ; le pôle — de la batterie est relié au sol par l'intermédiaire du commutateur u_2 et de l'interrupteur k_2. Pendant le passage de ce courant, un courant auxiliaire fourni par la batterie e excite l'électro-aimant m_2 et maintient le levier h_1, même quand le bouton d_3 porté par le tambour r_3 vient soulever le levier t_3, de c_1 vers c_3.

Ce bouton est disposé de manière à venir toucher t_3, environ $\frac{1}{100}$ de période avant que d_1 n'arrive à t_1 (ou d_2 à t_2). A ce moment le récepteur g est hors circuit, le mécanisme de synchronisation peut agir, quand d_1 (ou d_2) vient toucher t_1 (ou t_2) ; un courant de sens contraire au premier est lancé dans la station II ; le courant de la batterie e est interrompu par le déplacement du levier h_2 ; l'électro-aimant m_2 n'agissant plus, le levier h_1 est rappelé par le ressort f_1.

Il est évident que la synchronisation peut être réalisée avec plusieurs stations disposées comme la station II. L. M.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : Braun. DRP. 151625 (alimentation de papier dans les télégr. imprimeurs). — Brown. BP. 6829, 1903 (relais). — Field. USAP. 755646 et 755647, 5 et 24 mars 1903 (tél. multiplex). — Korn. BP. 23876, 1903 (télégraphe). — Littlefield. DRP. 151551 (transmetteur automatique). — Maiche. DRP. 151886 (télégraphe). — Meray-Horvath. BP. 4972, 1903 (télégraphe). — O' Neil. BP. 25435, 1902 (télégraphe). — Palmer. USAP. 757341, 14 juin 1902 (relais). — Pollak. DRP. 151732 (perforation des bandes). — Steljes et Typewriting Telegraph Corporation. BP. 8292, 1903 (télégraphe). — Turchi et Brune. BP. 7585, 1903 (télégraphe et téléphone). — White. USAP. 757377, 29 août 1903 (récepteur imprimeur).

Télégraphie sans fil : Bose (J. Chunder). USAP. 755840, 30 sept. 1901 (détecteur). — Ducretet. BP. 17034, 1903 (transformateur) ; USAP. 756219, 14 août 1903 (récepteur). — Fessenden. BP. 28290 et 28291, 1903 (récepteur). — Gesellschaft Drahtlose Telegraphie. DRP. 152054 (récepteur). — Hogg. BP. 1855, 1903. — Hulsmeyer. DRP. 152141. — Midgley. USAP. 756676, 10 nov. 1902 (détecteur). — Moore. USAP. 755305, 14 juin 1902 (transmetteur). — Shoemaker. BP. 23574, 1903 ; USAP. 756718 et 756720, 9 août 1902 et 25 juin 1903. — Wurte. DRP. 151733.

Téléphonie : Altick. USAP. 756091, 16 mai 1902 (cabine). — American Electric Telephone Company. BP. 4448 à 4450, 1904 (coupe-circuit). — Beck. USAP. 756813, 12 nov. 1900 (système pour longue distance). — Brock. USAP. 756824, 13 mai 1902 (sélecteur). — Brown. USAP. 757257, 8 oct. 1903 (support de récepteur). — Carliss. USAP. 756777, 5 et 6 oct. 1901 (annonciateur). — Case. USAP. 755743, 9 juil. 1902 (contact mobile). — Childress. BF. 338731, 22 déc. 1903 (porte-bloc pour téléphones à pupitre). — Dommerque. DRP. 151623. — Ehret. BP. 20547, 1903 (support). — Elwell. USAP. 756608, 9 juil. 1902 (annonciateur). — Fairweather. BP. 26849, 1903. — Faller. BP. 18754, 1903 ; USAP. 757031, 1er juil. 1903 (système semi-automatique). — Furst et Kragi. BP. 113, 1904. — Graham. DRP. 155552 ; BP. 7966, 1903. — Herdegen. BP. 27900, 1903. — Higginbottom. BP. 6671, 1903. — Hoflinger et Wolffhardt. BF. 339458, 9 janv. 1904 (microtéléphone). — Hutchison Acoustic Company. BP. 4704,

1903. — KELLOGG. DRP. 151731. — LATHAM et BOYES. BP. 5587, 1903 (embouchure). — PETMEKY. BP. 4616, 1904. — Mc BERTY. USAP. 755368, 16 juil. 1900 (compteur). — MEYER. USAP. 755515, 26 mai 1902 (compteur). — REDMON, HALL et SMITH. BF. 339421, 11 janv. 1904. — SCRIBNER et Mc BERTY. USAP. 755054, 2 avril 1900 (compteur). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 151648 et 151649 (commutateur). — WILSON. BP. 7676, 1903.

Téléphonie sans fil : LIFCHITZ. BF. 339351, 5 janv. 1904.

ÉCLAIRAGE.

Sur le rayonnement de l'arc électrique, par H. HALLWACHS. (*Annalen der Physik*, t. XIII, p. 39-64, janvier 1904).

Les rayons qui provoquent la déperdition électrique proviennent de l'arc et non du cratère : leur intensité est indépendante de l'orientation [1].

L'intensité de ces rayons n'est liée à la différence de potentiel aux bornes de l'arc par aucune relation simple. Mais l'inverse $\frac{1}{\tau}$ de la durée d'irradiation nécessaire pour donner un même effet est sensiblement une fonction linéaire de $\sqrt{p-p_0}$, $p-p_0$ étant la chute de potentiel dans l'arc même :

$$\frac{\tau}{\tau_0}+0,058=\frac{1}{\sqrt{p-44,7}}.$$

Elle est liée à l'intensité du courant par une relation linéaire comme l'intensité lumineuse : on peut calculer τ par la formule

$$\tau(i-i_0)=c,$$

au moins pour les intensités supérieures à $i_0=5,3$ ampères.

Si l'on fait varier simultanément la différence de potentiel et l'intensité, on aura :

$$(1)\qquad \tau=\frac{T_0}{i-5,3}\left(\frac{1}{\sqrt{p-44,7}}-0,058\right),$$

(1) On compare les intensités suivant deux directions différentes au moyen de deux piles photo-électriques, formées d'une plaque de cuivre oxydé et d'une toile métallique parallèle à la plaque. La toile est chargée à l'aide d'une batterie d'accumulateurs et reçoit les rayons : la plaque est reliée à un électroscope à feuilles d'aluminium. On détermine la durée d'irradiation τ nécessaire pour donner à l'angle d'écart des feuilles une valeur fixe, qui reste la même dans toutes les expériences. L'inverse de cette durée donne une mesure de l'intensité des rayons. Les deux piles sont placées d'abord de manière à recevoir les rayons émis dans une même direction ; puis l'une est disposée de manière à recevoir les rayons horizontaux. Aux erreurs d'expérience près, l'intensité est la même dans les deux directions (40° et 0°), alors que l'intensité lumineuse varie dans le rapport de 1:5. Il en est de même si l'on dispose les piles au-dessus et au-dessous du cratère : le cratère n'émet donc pas de rayons actifs au point de vue photo-électrique.

où T_0 est une constante dépendant de la pile et de la disposition de l'expérience, au moins dans l'intervalle de 46 à 70 volts et de 15 à 28 ampères.

Au moyen d'un écran en mica et d'une pile formée d'une lame de métal étroite, on peut comparer l'intensité des rayons émis par les différentes portions de l'arc. L'émission provient de l'arc tout entier, mais pour la plus grande partie de la région qui avoisine l'anode; l'anode elle-même n'y prend que peu de part.

Pour satisfaire à la formule (1) il faudrait admettre que le pouvoir émissif est inversement proportionnel à la racine carrée de la distance à l'anode : c'est ce que l'expérience vérifie d'une manière suffisante.

M. L.

Recherches sur l'arc voltaïque dans les vapeurs métalliques aux basses pressions, par E. WEINTRAUB. (*Philosophical Magazine*, [6], t. VII, p. 95-124, février 1904).

1. *Arc au mercure par courant continu.* — Pour allumer un arc au mercure, on amène les électrodes au contact, ou l'on fait passer au voisinage de la cathode une décharge sous une grande différence de potentiel, de beaucoup supérieure à celle qui est nécessaire à l'entretien de l'arc [1].

La condition à réaliser est en somme de produire des ions en quantité suffisante pour que le courant puisse acquérir une intensité notable. On peut y parvenir à l'aide d'une source dont le voltage est du même ordre de grandeur que le voltage normal de l'arc. On dispose dans le récipient, où le vide a été fait aussi complètement que possible, une électrode auxiliaire E′ beaucoup plus voisine de l'une des électrodes principales E_1 que celle-ci n'est de l'autre E_2. Entre les deux électrodes E′ et E_1 on fait passer un arc : les ions mis en liberté par cet arc se diffusent dans le récipient et l'arc principal s'allume.

L'auteur décrit plusieurs dispositifs propres à réaliser cette expérience et à vérifier l'explication qu'il en donne.

C'est à la cathode de l'arc qu'il faut produire les ions par l'arc auxiliaire ou par une décharge [2].

La présence de la vapeur de mercure non ionisée a le même effet que celle des gaz inertes. Aussi l'arc

(1) *Cf.* VON RECKLINGHAUSEN, *La lampe au mercure Hewitt* (*Écl. élect.*, t. XXXIII, p. 312, nov. 1902).

(2) L'agitation du mercure suffit souvent à amorcer l'arc; on sait que le choc du mercure contre les parois d'un tube vide d'air est accompagné de lumière, c'est-à-dire qu'il se produit de la vapeur de mercure ionisée et luminescente. Les phénomènes sont de plus en plus irréguliers quand la pression du gaz raréfié augmente. Si cette pression atteint $0^{mm},01$, l'allumage de l'arc demande un certain temps : au-dessus de cette limite, l'arc s'allume difficilement ou pas du tout.

s'allume plus difficilement dans le tube chaud que dans le tube refroidi, quand toutefois le voltage employé n'est pas suffisant pour dissocier la vapeur.

Si l'on amène un filament de charbon relié à l'anode jusqu'au voisinage du mercure servant de cathode, l'arc passe d'abord du charbon au mercure, puis remplit ensuite le tube et le filament ne joue plus aucun rôle. Le phénomène est très rapide et le filament n'a pas le temps de s'échauffer : il n'y a donc pas lieu d'invoquer ici l'action ionisante des corps incandescents.

A la cathode se produit une chute de potentiel de 5 volts environ, à l'anode de 2,5 volts si elle est en fer ou en graphite, de 8 volts si elle est en mercure. Dans l'arc même la chute de potentiel est proportionnelle à la longueur et d'autant plus petite que la section du tube est plus grande. L'arc n'est jamais stratifié quand les gaz étrangers ont été éliminés : il prend alors dès le début un aspect uniforme; son intensité augmente peu à peu dans les premiers instants. Le voltage est d'abord relativement faible, puis croît en même temps que l'intensité diminue. La conductibilité du mercure est donc d'autant plus grande qu'il contient moins de vapeur.

La conductibilité et la lumière de l'arc ne varient pas parallèlement; cependant le maximum de conductibilité coïncide à peu près avec le minimum d'émission lumineuse ([1]).

Les conditions de stabilité de l'arc au mercure sont assez compliquées. Tout d'abord il faut mettre en série avec la lampe une résistance convenable. De plus, pour un voltage déterminé, l'intensité du courant ne peut descendre au-dessous d'une certaine limite ([2]).

L'aspect de l'arc n'est pas symétrique. Sur l'anode il est tranquille et stable; sur la cathode un point brillant se déplace sans cesse. La cathode est le siège de l'ionisation, ainsi que le montre déjà son rôle dans l'allumage. La nature de l'anode n'a pas d'influence sur les propriétés de l'arc : il suffit qu'elle ne puisse se combiner au mercure.

Tandis qu'on peut obtenir un arc avec plusieurs anodes, il est impossible de le produire avec plusieurs cathodes. L'anode se pulvérise peu, tandis que la cathode est fortement désagrégée, comme on

([1]) Dans le tube se trouve de la vapeur de mercure sous trois formes : de la vapeur ionisée et conductrice, de la vapeur non conductrice mais luminescente et de la vapeur ordinaire, ni conductrice, ni luminescente. Il faut diminuer autant que possible la quantité de cette dernière; on y arrive en munissant le tube d'une ampoule de condensation.

([2]) L'existence de cette limite s'explique sans doute par les propriétés de la cathode : quand l'intensité devient trop faible, l'énergie cédée à la cathode est insuffisante pour continuer l'ionisation.

le constate aisément en prenant une cathode de charbon ([1]).

Un champ magnétique dévie l'arc comme un courant ordinaire et provoque un déplacement du point brillant sur la surface de la cathode. Il s'ensuit un changement de longueur de l'arc et, si cette longueur diminue, le point brillant s'enfonce dans le mercure.

2. *Arc dans les vapeurs de métaux alcalins.* — Pour allumer l'arc, on dispose dans le tube une électrode de fer plongée dans le métal alcalin (cathode) et une autre électrode accrochée à un fil en communication avec l'autre pôle; en penchant le fil, on amène ces deux électrodes au contact et, quand on les sépare, une étincelle éclate, provoque l'ionisation de la vapeur et l'allumage de l'arc. Abstraction faite du spectre, cet arc possède les mêmes propriétés générales que l'arc au mercure. Les chutes de potentiel sont du même ordre de grandeur que dans ce dernier.

La lumière émise est beaucoup moins intense, d'une part parce que la même intensité physiologique de lumière rouge exige une dépense d'énergie plus grande, d'autre part parce que la quantité de vapeur est beaucoup moindre que dans l'arc au mercure

Si l'arc jaillit entre des électrodes en amalgame pauvre (moins de 10 pour 100 de métal alcalin), il a les propriétés de l'arc au mercure quand l'intensité du courant est faible, celles de l'arc à métal alcalin quand l'intensité est plus grande.

La présence du magnésium et du lithium dans le mercure diminue la tension de vapeur et, par suite, l'intensité de l'émission lumineuse.

3. *Arc au mercure par courants alternatifs.* — On peut entretenir cet arc en faisant de l'une des électrodes la cathode d'un arc auxiliaire à courant continu. Le courant alternatif est redressé et l'on obtient seulement la demi-onde pour laquelle l'électrode commune est cathode ([2]). On peut utiliser les deux demi-ondes en disposant deux arcs auxiliaires continus ayant respectivement pour cathodes les électrodes du courant alternatif; on y parvient

([1]) Cette désagrégation est très probablement en relation avec l'ionisation. Les expériences ne permettent pas de décider si le déplacement des ions a lieu dans les deux sens ou dans un seul. Mais la quantité de matière transportée par le courant est, en tout cas, bien inférieure à celle qu'indiquerait la loi de Faraday.

([2]) Toutefois, c'est seulement quand l'arc est court qu'il est supprimé pendant une demi-période. Au-dessous d'une certaine longueur apparaît un retard entre la force électromotrice et le courant; celui-ci s'établit brusquement quand la force électromotrice a atteint une certaine valeur. Ce retard dépend du voltage et de la fréquence, mais croît nettement avec la longueur du tube.

aussi en mettant en dérivation sur la lampe une self-induction dont l'extra-courant traverse la lampe ; ou bien l'on emploie un transformateur dont le primaire reçoit le courant de la source ; les extrémités du secondaire sont reliées à deux anodes, et la cathode au milieu de ce secondaire. Enfin on peut employer une cathode commune avec deux anodes de part et d'autre, reliées extérieurement par une dérivation avec une bobine de self-induction entre la cathode et chacune des anodes.

Un dispositif analogue peut être utilisé avec les courants triphasés : il suffit d'employer trois anodes.

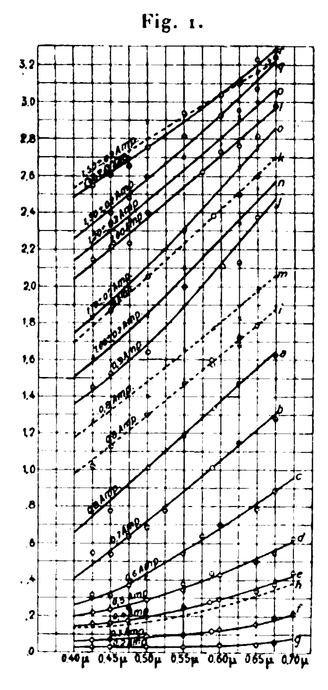
M. L.

Rayonnement d'un filament Nernst pour différentes intensités de courant, par L.-N. HARTMANN. (*Physical Review*, t. XVII, p. 65, 1903. — *Physikalische Zeitschrift*, t. V, p. 1, janvier 1904).

Au moyen d'un spectrophotomètre à réseau métallique concave, on compare [1] la lumière du filament à celle d'un bec Naphey à acétylène (n° 4).

La lampe Nernst alimentée par une distribution à 104 volts est en série avec un rhéostat et ampère-

Fig. 1.

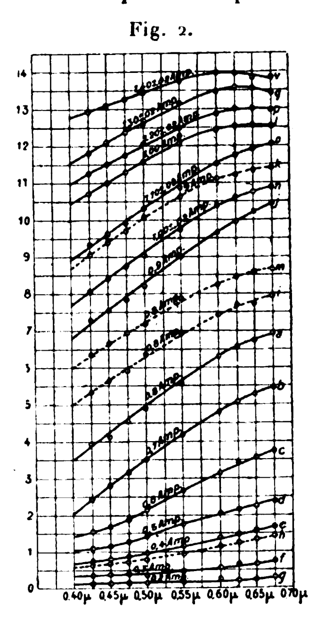


mètre, et un voltmètre est soudé en dérivation aux extrémités du fil de platine supportant le filament.

L'intensité normale du courant de la lampe est 0,80 ampère : les mesures ont été effectuées entre 0,20 et 0,80 ampère et de 0,80 à 1,50 ampère.

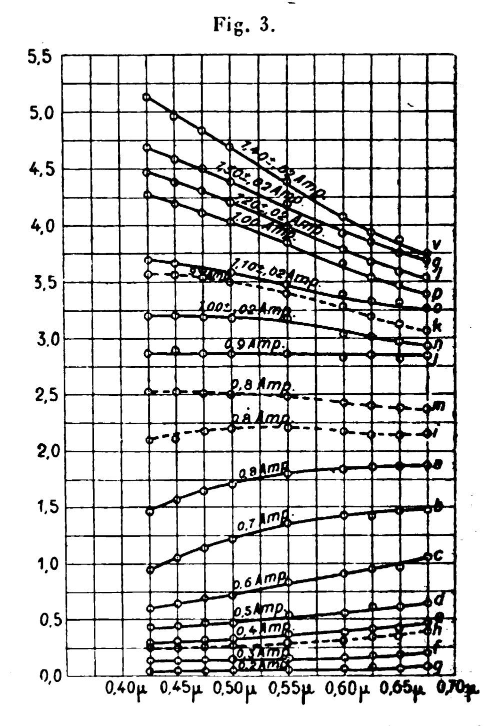
Les résultats sont représentés par les courbes des

Fig. 2.



figures 1, 2 et 3. Ces courbes résument la comparaison de la lampe Nernst avec le brûleur à acéty-

Fig. 3.



lène, la première sans la correction relative au prisme, la deuxième avec cette correction ; la troisième

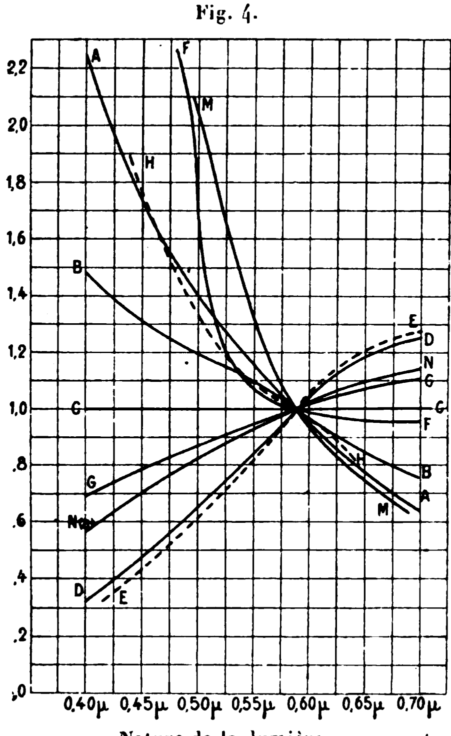
(1) Il faut éliminer l'influence de l'absorption exercée par le prisme à réflexion totale installé sur la fente du spectroscope : on y parvient en comparant deux becs à acétylène identiques entre eux et ensuite chacun de ces becs avec la lampe Nernst.

figure la comparaison de la lampe Nernst avec une lampe Hefner-Alteneck.

Tant que l'intensité ne dépasse pas 1 ampère, l'intensité de la lumière Nernst croît dans les grandes longueurs d'onde plus rapidement, dans les petites longueurs d'onde plus lentement que celle de la lumière d'acétylène.

Les courbes de la figure 4 donnent la comparaison de diverses sources de lumière nouvelles.

Fig. 4.



Nature de la lumière :

A, de l'acétylène brûlant dans l'oxygène; B, de l'hydrogène acétylé dans l'oxygène; C, de l'acétylène dans l'air; D, du cérosène; E, du gaz ordinaire; F, de la chaux neuve; G, de la chaux vieille; H, de l'arc électrique; M, du magnésium; N, de la lampe Nernst.

(La flamme de l'acétylène étant prise comme unité.)

La lumière Nernst est relativement riche en rayons de grande longueur d'onde quand le courant a son intensité normale : l'intensité lumineuse croît avec l'âge du filament. Le rayonnement visible est relativement moins riche en ondes longues et plus riche en ondes courtes que la lumière de l'acétylène; mais, à mesure que l'intensité du courant augmente, sa composition se rapproche rapidement de la composition de cette dernière.

Au-dessous de l'intensité de courant normale, l'accroissement d'intensité des ondes longues est plus accusé : au-dessus, c'est l'augmentation des ondes courtes.

La lumière du filament est très voisine de la lumière Drummond émise par un bâton de chaux ayant déjà servi quelque temps. M. L.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage par arc : *Lampes :* Beck. BP. 16294, 1903. — Blondel. USAP. 756460, 10 nov. 1902. — Bremer. DRP. 152058. — Carbone. BP. 1878, 1904. — General Electric Company. BP. 4645 et 7459, 1903. — Guest, Keen, Nettlefolds et Wakeman. BP. 11088, 1903. — Magee. DRP. 152004. — Oliver. BP. 5046 et 8028, 1903. — Popper. DRP. 151894. — Société française d'incandescence par le gaz (système Auer). BP. 28055, 1903. — Springl. DRP. 152178. — Thomson (Elihu). USAP. 755815, 19 août 1901. — Thorin. DRP. 151893. — Wood. USAP. 757079, 4 sept. 1903. — *Divers :* Adams. BP. 6405, 1903 (porte-charbons). — Blondel. DRP. 151652 (protecteur). — Sargent. USAP. 755797, 2 sept. 1902 (suspension). — Vogel, BP. 11442, 1903 (charbons).

Éclairage par incandescence : *Lampes à filaments :* Best. BP. 11894, 1903 (pour mines). — General Electric Company. BP. 9590, 1903. — Mingay. BP. 8468, 1903 (pour four de boulangerie). — Post. USAP. 754694, 30 déc. 1903 (de poche). — Sedgwick et Smith. BP. 10388, 1903 (pour mines). — Société des accumulateurs Chelin. BP. 27825, 1903 (pour mines). — Soden. USAP. 755954, 10 déc. 1902. — Taylor. USAP. 753935, 2 sept. 1902. — *Lampes à vapeurs :* Moore. USAP. 755306 et 755307, 19 janv. et 4 fév. 1903. — Wood et Robinson. USAP. 757007, 26 juill. 1902. — *Divers :* Federal Electric Cy. BF. 338467, 27 oct. 1903 (douille). — Gill. USAP. 754762, 14 mars 1902 (douille). — Kimbark. USAP. 753276, 21 mai 1902 (douille). — Masterson. USAP. 752696, 23 mai 1903 (corde de suspension). — Pitel. USAP. 754235, 6 mai 1903; 756049 et 756050, 23 nov. 1903 (commutateur et suspension). — Proctor et Daley. USAP. 755697, 1903 (douille). — Romain et d'Ayguesvives. USAP. 756412, 10 oct. 1902 (support). — Schutt. USAP. 753321, 7 avril 1903 (douille).

Divers : Bastian et Salisbury. BP. 1995, 1903 (lampe). — Boehm. BP. 9832, 1903 (lampe). — Compton. USAP. 752037, 2 déc. 1901 (éclairage de train). — Ferlay. BP. 338512, 29 déc. 1903 (régulation de la lumière électrique). — Le Tall. BP. 14163, 1903 (éclairage électrique). — Taylor. BP. 10602, 1903 (lampe). — Weintraub. BP. 24500 à 24502, 1903 (éclairage électrique et redressement de courants alternatifs). — Wood. BP. 3774, 1904 (lampe).

MESURES.

Appareil pour la mesure des longueurs d'onde et ses applications, par J. DÖNITZ. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIV, p. 920, novembre 1903).

La détermination de la longueur d'onde s'obtient en établissant la résonance entre le circuit étudié et un circuit auxiliaire dont on peut faire varier soit la capacité, soit la self-induction ou les deux à la fois.

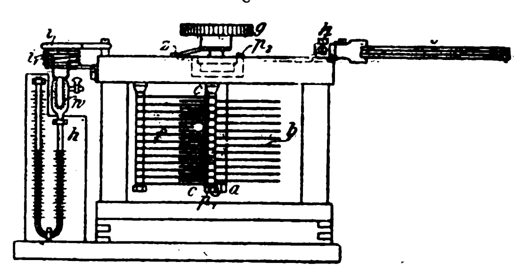
Il convient, pour obtenir une plus grande précision des mesures, de choisir un circuit fermé, c'est-à-dire dans lequel la capacité et la self-induction sont localisées. La résonance est en effet plus nette,

parce que le rayonnement d'énergie et, par suite, l'amortissement des vibrations sont moindres (¹).

Dans l'appareil, on fait varier la capacité d'une manière continue, dans de larges limites : la self-induction peut être modifiée aussi, mais par intervalles discontinus.

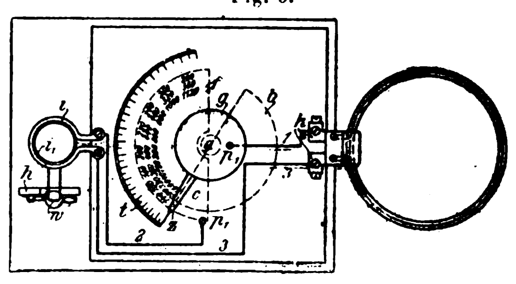
Le condensateur (*fig.* 2 et 3) est constitué par deux groupes de lames parallèles en forme de demi-cercles : l'un *t* est fixe, l'autre *b* est mobile autour d'un axe vertical L et les lames viennent s'engager entre celles du premier. La capacité augmente à mesure que le système mobile s'enfonce dans le système fixe. Un index Z se déplaçant sur une graduation permet de repérer les positions du système mobile. Les capacités correspondantes se mesurent par les méthodes connues; la self-induction se calcule par les formules de Stefan. Cette self-induction

Fig. 2.



se compose de la self-induction de la bobine et de celle des fils de liaison. On a construit trois bobines s'échangeant facilement et dont les self-inductions sont entre elles comme $\frac{1}{4}$, 1, 4. Le galvanomètre

Fig. 3.



thermique n'est pas inséré directement dans le circuit du résonateur, mais dans un circuit séparé sur lequel le courant du résonateur agit par induction (*fig.* 2 et 3).

Au lieu d'établir entre le circuit et le résonateur une liaison électromagnétique, on peut les lier électrostatiquement par deux condensateurs (comme dans le système de Lecher) (*fig.* 4) ou encore par

Fig. 4.

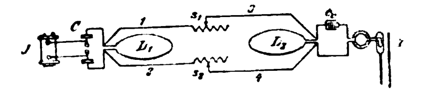
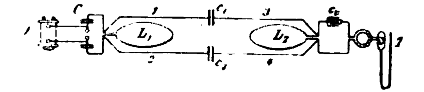


Fig. 5.

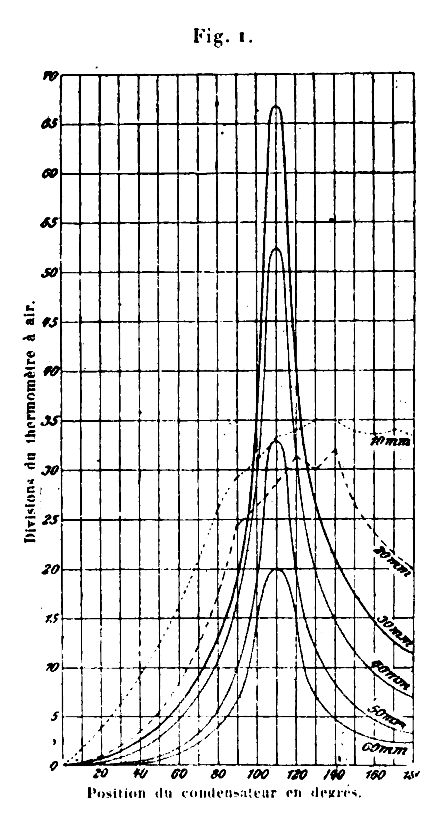


conduction directe, en intercalant des self-inductions dont la grandeur définira la liaison *étroite ou lâche* (*fig.* 5).

(¹) Comme indicateur de résonance, on insère dans le circuit résonateur un galvanomètre thermique très sensible, formé d'un fil enfermé dans le réservoir d'un thermomètre à air.

L'amplitude du courant dans le résonateur, lorsque celui-ci est à l'unisson du circuit étudié, dépend beaucoup de la manière dont les deux circuits sont associés. S'ils sont en liaison *étroite*, c'est-à-dire si les portions qui agissent l'une sur l'autre sont très voisines, le courant du résonateur réagit

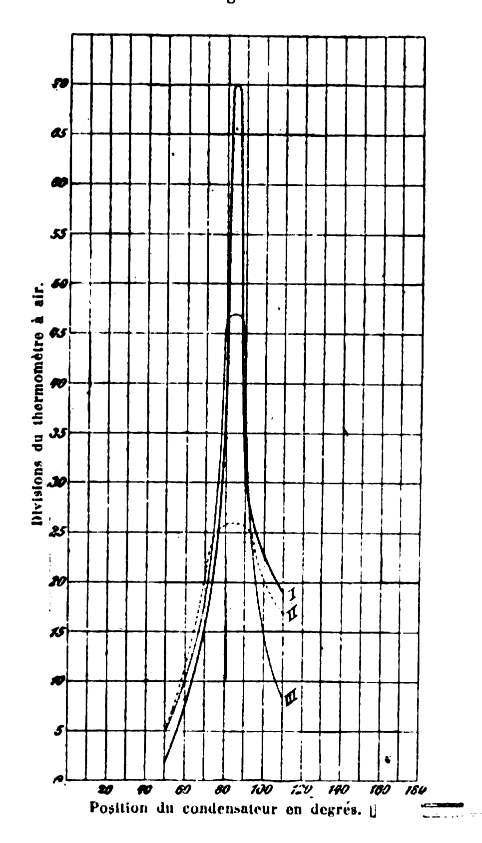
Fig. 1.



fortement sur celui du circuit et les oscillations ne peuvent se développer nettement. Si l'on augmente peu à peu la distance, l'amplitude du courant augmente dans le résonateur jusqu'à un maximum, et alors la résonance est très marquée. Si l'on rend la liaison *plus lâche*, l'amplitude diminue, les conditions de résonance restant d'ailleurs les mêmes (*fig.* 1).

La figure 6 représente les courbes de résonance obtenues avec chacun de ces dispositifs, en adoptant chaque fois le degré de liaison le plus favorable.

Fig. 6.



Les courbes de la figure 7 représentent les longueurs d'onde dans une antenne d'un appareil Marconi (courbe I), dans le transmetteur (courbe II),

Fig. 7.

Divisions du thermomètre à air.

Longueurs d'onde en mètres.

égales toutes deux à 405m; enfin, dans le système formé par la liaison directe des deux précédents (courbe III). Dans ce dernier cas, on obtient deux longueurs d'onde, 355m et 435m, dont la première correspond à une amplitude beaucoup plus grande; c'est sur celle-ci qu'il faudra accorder le récepteur.

M. L.

Sur la mesure des longueurs d'onde électrique, par P. DRUDE. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 19, 7 janvier 1904).

L'auteur a décrit (1) une méthode de mesure qui réalise une grande précision avec un appareil très simple. Le résonateur est formé par un condensateur à armatures planes, réunies par un fil plié en rectangle. La capacité du condensateur, de forme circulaire, se calcule aisément par les formules de Kirchhoff, de même la self-induction du rectangle. Cette self-induction se règle à la valeur nécessaire pour établir la résonance en faisant varier la longueur de deux côtés du rectangle, sur lesquels on déplace un pont mobile. Comme indicateur de résonance servent un tube à gaz raréfié ou un micromètre à étincelles.

La liaison électromagnétique doit être le plus lâche possible, juste suffisante pour qu'au moment de la résonance l'indicateur réagisse nettement.

Cet appareil a l'avantage de se prêter à un calcul exact de ses caractéristiques; les formules de Stefan appliquées aux bobines telles que les emploie M. Dönitz donnent des valeurs de la self-induction trop grandes, parfois de 30 pour 100.

Le dispositif de M. Dönitz peut suffire aux mesures pratiques, mais son exactitude est certainement inférieure pour les mesures absolues.

M. Drude pense que son procédé est aussi plus précis que celui de M. Slaby, dans lequel on emploie des bobines de résonance de période connue. Ses mesures sur de pareilles bobines lui ont prouvé que

(1) *Ann. d. Ph.*, t. IX, p. 611, 1902. — *Écl. élect.*, t. XXXIV (*p*), p. 117, février 1903.

les résultats sont beaucoup moins exacts que ceux fournis par sa méthode personnelle [1].

L'amortissement par rayonnement, quoique réduit dans les bobines étroites et longues telles que les emploie Slaby, est encore plus grand que dans un circuit fermé sur un condensateur à armatures rapprochées. En outre, dans les bobines surtout plates, le degré d'humidité de la carcasse de bois provoque des modifications de la période propre. M. L.

[1] Cf. *Ann. d. Ph.*, t. IX, p. 293. — *Écl. élect.*, t. XXV, p. 366 et suiv., mars 1903.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : ARON. BP. 2466 et 2467, 1904. — BASTIAN. BP. 6510, 1903. — COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS DE MATÉRIEL D'USINES A GAZ. BP. 21208, 1903. — BEAUMONT. BP. 17721, 1903 (à prépaiement). — DUNCAN. USAP. 753556, 29 déc. 1903. — FIEGO. USAP. 755757, 21 juill. 1903. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 6493, 7142, 7587, 1903. — HARTMANN et BRAUN. BP. 9311, 1903. — PLISSON. BP. 8195, 1903. — REVILLIOD. BP. 27392, 1903. — TILDEN. BP. 7899, 1903 (à prépaiement).

Appareils divers : ALLGEMEINE ELECTRICITAETS GES. DRP. 151651 (suspension magnétique) — BROWN. USAP. 755739, 2 août 1902 (indicateur de maximum). — COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ. BF. 339453, 9 janv. 1904 (fluxmètre). — EVERSHED et VIGNOLES. BP. 11509, 1903 (appareil de mesure). — FERGUSSON, KELVIN, JAMES WHITE. BP. 4698, 1903 (appareil de mesure). — FISCHER. BP. 5744, 1903 (appareil de mesure). — FRANKE. BP. 18181, 1903 (appareil pour déterminer la longueur des ondes). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 9809, 1903 (évaluation de voltage); BP. 11726, 1903 (indicateur de puissance). — MC CANDLISH. USAP. 756976, 26 juin 1903 (appareil portatif pour essai de lampes). — OLIVER. USAP. 755382, 29 nov. 1903 (appareil pour reconnaître l'état de charge d'un conducteur). — LINDSEY. USAP. 756665, 1er février 1904 (appareil pour essayer l'isolation des bobines des électro-aimants). — WHITE. USAP. 75700, 15 août 1903 (indicateur de maximum). — WISEMAN. USAP. 754402, 3 août 1903 (appareil pour déceler les défauts des câbles).

DIVERS.

Actions calorifiques de l'émanation du radium; par E. RUTHERFORD et H.-T. BARNES. (*Phil. Mag.* [6], t. VII, p. 202-220, février 1904).

Un sel de radium en équilibre radioactif émet trois espèces de radiations :

Une radiation qu'on ne peut en séparer, formée exclusivement de rayons α et qui représente environ 25 pour 100 de la radiation totale;

Une radiation provenant de l'émanation occluse dans le sel et formée aussi entièrement de rayons α;

Une radiation induite par l'émanation dans la masse du radium et formée de rayons α, β, γ.

Quand on chasse l'émanation du sel de radium par la chaleur, l'activité mesurée par la méthode électrique subit une diminution de 18 pour 100 de sa valeur totale. L'activité induite qui subsiste décroît suivant la loi représentée par la courbe A de la figure 1.

L'activité de l'émanation représente donc 18 pour 100, l'activité non séparable 25 pour 100 et l'activité induite 25 pour 100 de l'activité totale [1].

Les expériences qui vont être décrites ont pour but de rechercher si l'émission calorifique du radium suit les variations de l'activité, après que l'émanation a été éliminée.

Pour déterminer la quantité de chaleur émise on emploie un calorimètre à air ou un thermomètre à résistance de platine différentiels [2].

Lorsque le radium a été débarrassé complètement de l'émanation et que l'activité induite s'est dissipée, les rayons β et γ disparaissent. S'il reste des rayons γ [3] au bout de quelques heures, dans la proportion de 1 ou 2 pour 100 de leur intensité primitive, c'est que l'émanation n'a pas été toute éliminée.

Pour s'assurer qu'il n'y a pas d'émanation perdue, on vérifie qu'à chaque instant la somme des intensités des rayons γ provenant du radium et de l'émanation est égale à l'intensité primitive.

Expériences. — Le radium est chauffé pour

[1] L'activité induite sur les conducteurs est, comme on le sait, due a un dépôt de matière active sur leur surface. On peut donner a cette matière le nom d'émanation X, puisqu'elle est produite directement par l'émanation. Le radium produirait d'une manière constante de l'émanation, qui se transformerait en émanation X.

Quand on dissout ou chauffe un composé du radium dans un vase ouvert, l'émanation est mise en liberté et peut être complètement éliminée par un courant d'air. L'émanation X reste, parce qu'elle n'est pas volatile; le composé radifère commence à perdre son activité qui est disparue au bout de quelques heures. Il n'y a plus émission de rayons β et γ, mais seulement de rayons α dus à l'activité non séparable. Mais en même temps, de nouvelle émanation X est produite par l'émanation volatile, de telle manière qu'à chaque instant l'activité due à l'émanation X restée dans le radium et celle due à l'émanation X formée à nouveau donnent un total égal à l'activité primitive de l'émanation X accumulée dans le radium.

[2] Le calorimètre se compose de deux ballons de verre de 1l environ réunis par un tube en U formant manomètre (le liquide manométrique est du xylène). Le tube contenant le radium ou l'émanation est placé alternativement dans chacun des ballons et on lit chaque fois la hauteur du manomètre. On étalonne l'appareil en remplaçant le tube par une bobine de résistance connue, dans laquelle on fait passer un courant d'intensité connue.

Le thermomètre est constitué par deux bobines de fil de platine fin, dans lesquelles peut juste entrer le tube à radium; on mesure, par une boîte de compensation de Callendar, la variation de résistance du platine lorsqu'on fait passer le tube d'une bobine dans l'autre.

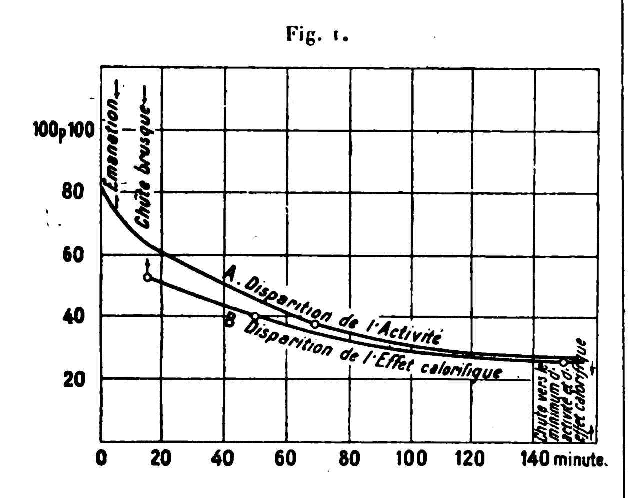
[3] On reconnaît ces rayons en faisant agir sur l'électroscope la radiation qui a traversé 5cm de plomb; cet écran ne laisse passer que les rayons γ.

chasser l'émanation et celle-ci condensée dans un tube entouré d'air liquide.

L'émission calorifique du radium est devenue beaucoup plus faible et continue à diminuer pendant 3 ou 4 heures, jusqu'à atteindre un minimum égal à environ 30 pour 100 de sa valeur primitive.

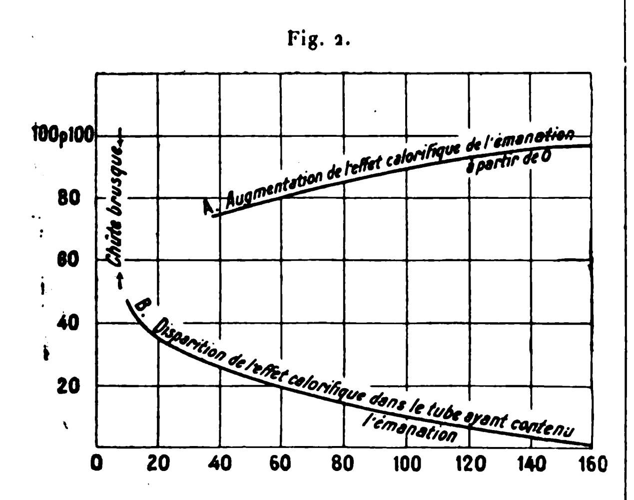
L'émission calorifique de l'émanation recueillie dans le tube croît pendant 3 ou 4 heures jusqu'à un maximum; après avoir atteint son minimum, l'émission du radium se relève jusqu'à sa valeur initiale, dans l'espace d'environ un mois. En même temps celle de l'émanation diminue suivant une loi exponentielle, de manière à se réduire de moitié en 4 jours. Aux erreurs d'expériences près, la somme des deux émissions reste égale à l'émission totale du

Fig. 1.



radium non chauffé. Environ 6 pour 100 de l'émanation, à en juger par les mesures de la radioactivité,

Fig. 2.



n'avaient pas été éliminés. Par conséquent 75 pour 100 de l'émission calorifique du radium proviennent non du radium lui-même, mais de l'émanation et de l'émanation X qu'elle engendre.

Il existe une relation très étroite entre la variation de l'émission calorifique et celle de l'activité.

Les courbes qui représentent la réapparition progressive de l'émission calorifique du radium et la disparition de celle de l'émanation correspondent presque exactement aux courbes de réapparition et de disparition de la radioactivité. L'émission calorifique comme l'activité de l'émanation décroissent de moitié en 4 jours ([1]).

Immédiatement après que l'émanation a été éliminée, l'émission du radium tombe à 45 pour 100 de sa valeur en quelque 10 minutes (courbe B, *fig.* 1). L'affaiblissement progressif jusqu'au minimum est une conséquence de l'affaiblissement de l'activité due à l'émanation X; par suite, la courbe doit être la même que celle de la diminution jusqu'à zéro de l'émission du tube contenant l'émanation après qu'on en a chassé cette dernière : c'est en effet ce qui se vérifie (courbe B, *fig.* 2).

L'émission calorifique du tube renfermant l'émanation croît après l'introduction de l'émanation; au bout de 35 minutes elle a pris les 75 pour 100 de sa valeur finale.

La courbe est complémentaire de celle qui représente la diminution de l'émission après qu'on a enlevé l'émanation.

En résumé, la radiation provenant de l'émanation fournit 18 pour 100 de l'activité totale du radium mesurée par les rayons α : en effet, immédiatement après l'élimination de cette émanation, l'activité tombe à 82 pour 100 de sa valeur. La diminution est rapide pendant les 6 ou 8 premières minutes, puis plus lente jusqu'à un minimum égal à 25 pour 100. La variation rapide est due à la transformation rapide en émanation X. Cette transformation est décelée facilement quand on expose pendant un temps très court une tige de métal à l'action du radium. L'activité, après qu'on a éloigné la tige, tombe à moitié de sa valeur en 3 minutes; quand elle est réduite à 20 pour 100 elle reste constante

([1]) La valeur Q_t de l'émission du radium à une époque t après le minimum est représentée par

$$Q_t = Q_0[0,25 + 0,75(1 - e^{-\lambda t})],$$

tandis que l'émission de l'émanation est donnée par

$$Q_t = Q_0 e^{-\lambda t},$$

λ ayant la même valeur dans les deux cas.

La même équation, avec les mêmes coefficients numériques, représente la réapparition de l'activité du radium débarrassé de l'émanation, cette activité étant mesurée par l'intensité des rayons α.

L'émission est proportionnelle à l'intensité des rayons α, non à celle des rayons β ou γ.

pendant 35 minutes environ, puis décroît peu à peu jusqu'à zéro (¹).

L'étude des courbes relatives à l'activité induite, pour différentes durées d'exposition, montre que l'émanation X du radium subit trois transformations bien marquées : la transformation de moitié de l'émanation demande 3 minutes dans la première, 34 dans la deuxième, 28 dans la troisième. A ces transformations correspond une émission de rayons α dans la première, de rayons α, β, γ dans la troisième, tandis que pendant la seconde n'apparaît aucun rayon α (²).

Il semble que l'émission calorifique soit due au bombardement intérieur du radium par les rayons α émis par sa masse même (³). M. L.

Sur la discussion relative à la nature des émanations du radium ouverte par E. Rutherford au meeting de l'Association britannique en septembre 1903, contribution de LORD KELVIN. (*Phil. Mag.* [6], t. VII, p. 220-223, février 1904).

D'après les expériences effectuées jusqu'à présent, le radium émet trois espèces de rayons :

1° Des rayons α électrisés positivement, arrêtés pour la plus grande partie par les écrans solides, liquides ou gazeux.

2° Des rayons β électrisés négativement, plus pénétrants que les rayons α.

3° Des rayons γ, neutres au point de vue électrique, mais beaucoup plus pénétrants : ils traversent presque sans rien perdre de leur intensité une lame de plomb de 1cm d'épaisseur, qui arrête complètement les autres (¹).

La conductibilité communiquée à l'air par les radiations s'expliquerait aisément dans la vieille théorie d'Aepinus, sous la forme que lui a donnée Lord Kelvin. Les mouvements thermiques dans un solide, un liquide ou un gaz doivent provoquer l'émission d'électrions et les mouvements de ces électrions sous l'action des forces électrostatiques contribuent à la conductibilité électrique du gaz. Par conséquent, toute substance, solide, liquide ou gaz, doit posséder la radioactivité. En fait, comme l'a signalé Strutt, la conductibilité de l'air sec enfermé dans un cylindre solide diffère notablement avec la nature de la substance. Or le radium est 3.10^8 fois plus actif que les plus actives des substances ordinaires. Cette activité énorme pourrait s'expliquer parce que le nombre des électrions nécessaire à la saturation d'un atome de radium est incomparablement plus grand que dans les autres substances.

Il semble absolument certain que l'énergie émise par le radium sous forme de chaleur doit être empruntée à l'extérieur. Peut-être cette énergie est-elle apportée par des ondes de l'éther (²). M. L.

(¹) La formule proposée par MM. Curie et Danne,

$$I_t = I_0[a e^{-\lambda_1 t} - (a-1) e^{-\lambda_2 t}],$$

n'exprime pas la chute brusque initiale de l'activité, et n'est applicable qu'après la fin de la première transformation, 10 minutes environ après que l'action primaire a cessé.

(²) Malheureusement, il est impossible de faire une mesure de l'émission calorifique moins de 10 minutes après l'expulsion de l'émanation : ce qui ne permet pas de comparer directement la chute initiale de l'émission et celle de l'activité. Les expériences permettent seulement de conclure que 41 pour 100 de l'émission totale sont dus à l'émanation et à sa première transformation en émanation X. L'émission calorifique accompagne celle des rayons α ; il est probable que la deuxième transformation, qui ne donne pas de rayons α, ne fournit pas non plus la même émission calorifique que les autres.

(³) La quantité totale de chaleur émise par 1g de radium serait d'environ 10000 petites calories. Le volume de l'émanation retirée de ce gramme doit être compris entre 6.10^{-4} et 6.10^{-5} centimètre cube dans les conditions normales de température et de pression. L'émanation se comporte comme un gaz de poids moléculaire élevé : en prenant ce poids moléculaire égal à 100, on trouve que 1g de cette émanation, dans son cycle de transformations, émettrait entre 2.10^9 et 2.10^{10} calories-grammes.

(¹) On peut regarder les rayons γ comme formés par la vapeur du radium ; les rayons β par des électrions négatifs ou atomes de matière qui ont perdu une partie de leur charge naturelle, les rayons α par des atomes ou des molécules matérielles, qui ont perdu leurs électrions en tout ou partie.

On rendrait compte de la pénétration des rayons γ en admettant que les forces d'affinité chimique entre l'atome de radium et les atomes des substances perméables sont assez faibles pour ne pas retenir le premier.

Les rayons α sont absorbés parce que l'atome lancé par le radium ne peut traverser un solide ou un liquide sans prendre la quantité d'électrions nécessaire pour le neutraliser.

Les rayons β formés d'électrions subiraient une absorption réelle : on ne peut s'attendre à ce que des atomes électrisés négativement traversent un écran de métal, de verre, de bois ou de liquide pour se retrouver intacts sur l'autre face, sans avoir égard à l'isolement de l'écran ou du radium.

En ce qui concerne les rayons γ, il n'y a pas de difficulté à supposer que la vapeur de radium non électrisée traverse librement le verre et les métaux sans provoquer de perturbation électrique. On a annoncé qu'au bout de quelques mois le radium subit une perte de poids.

(²) Par exemple, imaginons un morceau de drap noir enfermé dans une ampoule de verre, plongée dans un vase de verre plein d'eau et exposé au soleil ; dans un autre vase identique et exposé aussi au soleil, un morceau de drap blanc. L'eau du premier vase sera toujours plus chaude que celle du deuxième. Ce serait l'analogue de la première expérience de Curie, dans laquelle un petit tube renfermant du radium était enfermé dans le réservoir d'un thermomètre.

On pourrait mesurer par une méthode calorimétrique la quantité de chaleur que le drap noir emprunte aux ondes de la lumière solaire et qu'il cède à l'eau et au verre. L'énergie traverse l'eau sous forme d'ondes lumineuses et est restituée à l'extérieur à travers le même milieu par conduction.

Théorie des éléments de piles réversibles, par A. DENIZOT. (*Annalen der Physik*, t. XIII, p. 193-205, janvier 1904).

L'énergie électrique d'un élément réversible E, l'énergie chimique q mise en jeu, la température absolue T, sont liées par la relation de Helmholtz,

$$E - q = T\frac{dE}{dT}.$$

Supposons que T soit exprimée en fonction d'une température t mesurée par une échelle conventionnelle, que E et q soient des fonctions mesurables de t, nous aurons

$$E(t) - q(t) = T\frac{dE}{dT}\frac{dT}{dt},$$

d'où

$$\log \text{nat} \frac{T}{T_0} = \int_{t_0}^{t} \frac{\frac{dE}{dt}dt}{E(t) - q(t)}.$$

L'élément de l'intégrale représente le rendement d'un cycle de transformation infiniment petit, indépendant de l'élément et fonction de la température seule. Cette relation définit une échelle de température, à laquelle on peut donner le nom d'échelle *électrochimique* [1]. M. L.

---

[1] Si l'on admet que E et q sont dans un certain intervalle des fonctions linéaires de t,

$$E(t) = E_0 + \lambda t,$$
$$q(t) = q_0 + \mu t,$$

on aura

$$(1) \qquad T = T_0\left(1 + \frac{\lambda - \mu}{E_0 - q_0}t\right)^{\frac{\lambda}{\lambda-\mu}}.$$

Dans le cas où $E(t) = q(t)$ pour toute valeur de t, on a nécessairement :

$$\lambda = \mu = 0,$$

c'est-à-dire que l'énergie électrique et l'énergie chimique de l'élément sont indépendantes toutes deux de la température. Mais μ peut être nul sans que λ le soit en même temps.

En développant $\frac{T}{T_0}$ en série et remarquant que les coefficients doivent être des constantes, puisque T et T_0 sont indépendants de l'élément, on trouve :

$$\frac{\lambda}{E_0 - q_0} = a, \qquad \frac{\lambda\mu}{2(E_0 - q_0)^2} = b,$$

d'où :

$$\frac{\lambda}{\mu} = \frac{a^2}{2b}.$$

Par conséquent, outre la relation connue,

$$\frac{E_0 - q_0}{\lambda} = \frac{1}{a},$$

nous sommes conduits à l'autre relation

$$\frac{E_0 - q_0}{\mu} = \frac{a}{2b},$$

λ et μ ont le même signe que $E_0 - q_0$ et sont proportionnels l'un à l'autre. Il en résulte que

$$\frac{\lambda}{\lambda - \mu} = \frac{a^2}{a^2 - 2b} = \text{const.}$$

et

$$\frac{\lambda - \mu}{E_0 - q_0} = \frac{a^2 - 2b}{a} = \text{const.}$$

Les rapports $\frac{\lambda}{E_0 - q_0}$ et $-\frac{\mu}{E_0 - q_0}$ sont donc les racines de l'équation du second degré

$$\xi^2 - \frac{a^2 - 2b}{a}\xi - 2b = 0.$$

Les valeurs numériques des constantes a et b se déterminent en comparant l'expression (3) de la température absolue à une autre, par exemple celle de l'échelle thermodynamique, en prenant bien entendu la même variable t.

$$a = 0{,}0036441, \qquad b = 0{,}16139 . 10^{-6},$$

$$\frac{E_0 - q_0}{\lambda} = 274{,}4, \qquad \frac{E_0 - q_0}{\mu} = 22792,$$

$$\frac{\lambda}{\mu} = 83{,}1, \qquad \frac{\lambda}{\lambda - \mu} = 1{,}012, \qquad \frac{E_0 - q_0}{\lambda - \mu} = 27788.$$

Il est à remarquer que la valeur de $\frac{E_0 - q_0}{\lambda}$ coïncide presque exactement avec celle qu'on obtient en posant tout d'abord

$$T_0 = 273, \qquad \frac{dT}{dt} = 1,$$

dans la relation de Helmholtz; c'est de cette manière qu'on a cherché jusqu'ici à vérifier cette relation.

Les quantités E_0, q_0, λ peuvent être déterminées par l'expérience : μ, calculé d'après les chaleurs spécifiques, si les réactions ont lieu à pression constante.

Les mesures effectuées par Jahn et par Streintz vérifient la théorie.

Remarques sur les décharges dans les tubes raréfiés à électrode unique, par K. WESENDONCK. (*Ann. de Phys.*, t. XIII, p. 205-210, janvier 1904). — L'électrode unique est reliée au pôle isolé d'une bobine d'induction, dont l'autre pôle est au sol. Les phénomènes lumineux sont les mêmes que le pôle isolé de la bobine soit cathode ou anode. Examinés dans un miroir tournant, ils ne se décomposent pas. Cependant, on ne constate pas l'existence d'oscillations rapides, qui pourraient expliquer ce phénomène. Les apparences lumineuses sont encore identiques entre elles, quand on fait passer dans le tube seulement les courants de rupture, que ce courant passe dans un sens ou dans l'autre. Ces observations tendent à faire croire que la lumière positive n'est pas visible.

Relations entre les propriétés électriques et les propriétés optiques des métaux, par E. HAGEN et H. RUBENS. (*Ph. Mag.*, 6e série, t. VII, p. 157-180; février 1904). — Ce Mémoire, publié dans les *Annalen der Physik*, t. XI, p. 873-902, a été analysé dans l'*Éclairage électrique*, t. XXXVI, p. 394, septembre 1903. La relation

$$(1 - R)\sqrt{c} = \text{const.},$$

prévue par la théorie de Maxwell entre le pouvoir réflecteur R et la conductibilité électrique c, se vérifie dans l'infrarouge. M. L.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Elektrisch betriebene Strassenbahnen-Taschenbuch (Livre de poche sur les tramways électriques); par S. HERZOG. Oldenbourg, édit. Munich et Berlin. Prix cartonné : 8 marks (10^{fr}).

Sous ce titre, M. Herzog, de Zurich, vient d'établir un formulaire de 470 pages contenant tous les renseignements relatifs à la construction et à l'exploitation des tramways; l'auteur s'est sagement limité à cette branche prospère de la traction électrique sans aborder la question encore bien peu développée des chemins de fer électriques proprement dits.

La première Partie, de 246 pages, la plus importante du Volume, renferme de nombreux renseignements relatifs au calcul, à la construction et au montage de toutes les parties d'une installation de tramways électriques : station centrale, sous-stations, voie; ligne aérienne, souterraine ou à fleur du sol; accumulateur, voitures et moteurs, dépôt de voitures.

La deuxième Partie, de 33 pages, est constituée par des modèles en blanc de devis d'établissement et d'exploitation d'une entreprise de tramways et par des types de cahiers des charges pour toutes les parties de l'installation.

On trouve dans la troisième Partie, de 14 pages, les règles à suivre pour la bonne conduite de l'installation, quelques résultats moyens d'exploitation et une liste des prix des pièces de rechange.

La quatrième Partie, de 18 pages, reproduit les instructions sur la sécurité des installations de tramways électriques, élaborées par le *Verband deutscher Elektrotechniker* (Union des ingénieurs-électriciens allemands) et les règlements de police sur l'exploitation des tramways de la ville de Munich.

Le reste de l'Ouvrage contient des renseignements d'ordre général dont on peut pourtant avoir besoin fréquemment lorsqu'on s'occupe de traction électrique. On trouve dans la cinquième Partie (38 pages) des données physiques et mécaniques, les poids et dimensions des tôles usuelles, les Tableaux d'amortissement. La sixième Partie (77 pages) est consacrée aux règlements sur la traversée des lignes télégraphiques et sur les appareils à vapeur, et aux instructions du Verband et du Reichanstalt sur les mesures électriques et industrielles; on y voit même le tarif d'honoraires fixé par l'Union des architectes et ingénieurs. Enfin la septième Partie, de 34 pages, est constituée par des Tableaux trigonométriques et logarithmiques.

Le Volume, imprimé très nettement sur papier mince et contenu dans une couverture en toile souple formant portefeuille fermé, est sur format assez réduit pour pouvoir être mis en poche.

Conçu dans un esprit méthodique et pratique, il rendra des services aux ingénieurs qui font des installations et surtout des projets de tramways électriques, en leur permettant de trouver rapidement une foule de données numériques, longues à rechercher dans les Traités d'électricité ou de traction. C. J.

Éclairage (huiles, alcool, gaz, électricité, photométrie); par L. GALINE et SAINT-PAUL. Deuxième édition, 1 vol. format $23^{cm} \times 14^{cm}$, 697 pages, 308 figures. Vve Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, 6e. Prix, broché : 15^{fr}.

Chacun des modes d'éclairage utilisés pour l'éclairage public ou privé est successivement étudié avec une ampleur suffisante pour permettre au lecteur de se rendre compte de leurs avantages et inconvénients respectifs économiques ou autres, et de le mettre en mesure de surveiller une installation d'éclairage ou d'en dresser le projet; un Chapitre, fort bien écrit, sur la photométrie, donne des renseignements intéressants sur l'utilisation de la lumière et sur la quantité de lumière fournie par les divers sources lumineuses; enfin deux modèles de projets d'éclairage, l'un pour éclairage au gaz, l'autre pour éclairage électrique, achèvent de donner à l'Ouvrage un caractère pratique.

Les auteurs ont d'ailleurs profité de la réimpression de leur travail pour le mettre au courant des récents perfectionnements apportés dans chaque mode d'éclairage; nul doute dès lors que cette édition n'ait le même succès que la première auprès des électriciens et industriels s'occupant d'éclairage et de photométrie.

J. R

Die Herstellung der Akkumulatoren (Fabrication des accumulateurs), par F. GRUNDWALD. Un volume $17^{cm} \times 11^{cm}$ de 158 pages avec 91 figures dans le texte; 3e édition. Wilhelm Knapp, éditeur, à Halle-a-S. Prix cartonné : 3 marks.

Nous ne saurions trop recommander la lecture de cet excellent petit livre qui renferme, sous une forme très condensée, tous les renseignements nécessaires à la fabrication, l'entretien, la vérification et les applications multiples des accumulateurs. Cette 3e édition contient toutes les nouveautés saillantes, sanctionnées par la pratique et, comme ses devancières, se distingue par une judicieuse exposition du sujet et la simplicité du style qui rendent l'Ouvrage accessible à tous les étrangers quelque peu initiés à la langue allemande.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Correspondance : Sur la rigidité diélectrique des isolants de haut potentiel.

J'ai lu avec grand intérêt le résumé de M. Lamotte, sur les différences d'opinion entre M. Walter et moi, (voir *La Revue électrique*, p. 145) et je désire affirmer bien nettement que je me range entièrement à la conclusion de M. Lamotte, lequel dit qu'*il faut définir les conditions de l'essai, qui devront être aussi voisines que possible des conditions réelles dans lesquelles la substance sera employée.*

Cette opinion a été précisément le point de départ de ma critique du projet de M. Walter, qui propose et veut même généraliser une méthode d'exploration qui ne correspond absolument pas au mode d'application pratique.

La méthode elle-même a été le sujet de ma critique et non pas les conclusions de ses recherches.

Je suis bien aise de voir que M. Lamotte attache aussi de l'importance à cette méthode de recherche correspondant aux conditions de la pratique, et je crois qu'il peut me donner raison, quand je prétends que des matériaux isolants d'une si grande rigidité diélectrique ne peuvent être employés dans des installations à courant alternatif, qu'après avoir été éprouvés avec un courant alternatif de haut potentiel, et non pas avec celui d'un appareil d'induction ayant une courbe d'une forme entièrement différente. Il faut aussi exprimer les résultats par les nombres de volts, définis mathématiquement et pratiquement, et non pas par des distances explosives, lesquelles dépendent de la poussière, de l'humidité et de l'état de l'atmosphère et surtout de la forme des électrodes.

Il est d'une grande importance de soumettre à l'expérience des surfaces aussi grandes que possible, et non de petites surfaces de la grandeur de la pointe d'une épingle; car ce n'est pas parce que l'on a relevé un très grand nombre de valeurs expérimentales que l'on peut être sûr de la manière dont se comporteront les matériaux isolants, dont une grande surface, de quelques mètres carrés peut-être, sera exposée au haut potentiel.

C'était là le résumé de ma critique de l'article de M. Walter et je suis bien aise de voir que la tendance de ce résumé correspond avec l'avis de M. Lamotte.

D[r] P. Holitscher.

Société internationale des Électriciens.

La séance du mercredi 4 mai débute par une allocution du président sortant, M. Hospitalier, et une allocution du nouveau président, M. Pollard.

L'ordre du jour appelle ensuite la communication de M. R.-V. Picou sur les *Surtensions dans les canalisations électriques.*

M. Picou fait un exposé purement physique de la question des surélévations momentanées de la tension dans les canalisations à courant alternatif.

Il suppose d'abord un circuit comprenant simplement un condensateur, un interrupteur et une self-induction. Si l'on charge le condensateur de capacité C sous une différence de potentiel V (avec une pile par exemple), il emmagasine une quantité d'énergie égale à $\frac{1}{2}CV^2$. En fermant l'interrupteur du circuit renfermant la capacité et la self-induction, le condensateur va se décharger, l'intensité partant d'une valeur nulle lorsque la tension du condensateur est maxima et atteignant une valeur maxima quand cette tension devient nulle. Le condensateur transfère, pendant cette décharge, son énergie à la self-induction. La valeur de cette dernière étant représentée par $\frac{1}{2}LI^2$, on doit avoir $\frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}CV^2$ s'il n'y a pas de résistance dans le circuit. A son tour, la self-induction se décharge sur le condensateur et c'est ainsi que se produisent les oscillations qui ne sont pas autre chose qu'un transfert d'énergie entre la forme électrostatique et la forme électromagnétique.

Si l'on introduit une résistance dans le circuit les oscillations vont en s'amortissant parce que la résistance absorbe une certaine partie de l'énergie sous la forme chaleur qui n'est pas réversible (courant watté).

Une oscillation électrique dans un circuit renfermant une capacité et une self-induction est absolument comparable à une oscillation pendulaire et elle possède, comme cette dernière, une période d'oscillation propre dont la valeur s'exprime par $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

Lorsque, au lieu de charger le condensateur par une force électromotrice continue, on branche ce condensateur aux bornes d'une source alternative, on dit qu'il y a résonance lorsque la période de cette source est égale à la période d'oscillation propre du circuit. On sait que, dans ces conditions, la différence de potentiel aux bornes du condensateur peut être beaucoup plus élevée que celle de la source, pendant que le courant prend la valeur $I = \frac{E}{R}$, R étant la résistance du circuit et E la tension de la source.

En pratique, des phénomènes de résonance peuvent survenir même lorsque la période de la source alternative n'est pas égale à celle d'oscillation du circuit. C'est qu'en effet on n'a jamais comme courbe périodique une sinusoïde rigoureuse, mais une courbe périodique s'en écartant plus ou moins. On sait qu'une telle courbe peut être décomposée en une somme de fonctions sinusoïdales différant par leurs amplitudes, leurs fréquences et leurs différences de phases. Il peut alors arriver que le circuit soit en résonance avec un des harmoniques et cet harmonique peut provoquer une amplification correspondante de la tension aux bornes du condensateur.

M. Picou examine le cas d'un circuit renfermant un alternateur, une ligne et un transformateur. Avec un courant d'excitation de 7 ampères, on avait pour l'alternateur, de 150 kilovolts-ampères, $E = 1060$ volts à circuit ouvert. En court-circuit, on obtenait 48,5 ampères, on en déduit $\omega L' = \frac{E}{I_{cc}} = 26$ ohms. La fréquence étant de

50 périodes par seconde, la valeur de la self-induction de l'alternateur L' devient $L' = 0,083$ henry. Pour l'ensemble des transformations, d'une puissance de 308 kilowatts, un calcul semblable donne $\omega L' = 760$ ohms pour une résistance de 650 ohms.

M. Picou expose ensuite les différentes circonstances dans lesquelles on observe les surtensions sur la ligne. Celles-ci surviennent soit en fonctionnement normal par suite de la résonance, soit lors de la fermeture ou de l'ouverture d'un circuit, soit encore lors de l'ouverture d'un court-circuit.

En fonctionnement normal, si l'on appelle E la tension de l'alternateur, U la différence de potentiel aux bornes de la capacité, on a pour le facteur de surtension α

$$\alpha = \frac{U}{E} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

On calcule α d'après cette formule ; s'il s'agit des harmoniques, on multiplie ω par le rang de l'harmonique considéré.

En traçant la courbe qui exprime la variation du facteur α en fonction de la capacité, on trouve une valeur de α maxima pour une certaine capacité qui correspond à la résonance. En ce point la courbe fait une pointe, de sorte que pour des valeurs un peu plus grandes ou un peu plus petites de la capacité, le facteur de surtension est beaucoup plus faible.

Dans l'exemple choisi plus haut, on trouverait avec l'harmonique 11, rencontré dans la courbe, une valeur de α égale à 107. La courbe de la différence de potentiel aux bornes de la capacité doit donc présenter dans ce cas une pointe représentant 107 fois l'amplitude de l'harmonique de la courbe de l'alternateur.

Lors de la fermeture d'un circuit, M. Picou démontre que la tension aux bornes du condensateur atteint une valeur double de la tension de la source. Il suppose pour cela un circuit renfermant une pile, une bobine de self-induction et un condensateur. Le circuit étant fermé brusquement, l'intensité va augmenter jusqu'à ce que la tension aux bornes du condensateur égale celle de la pile. A ce moment, représentant la limite du premier quart de période, le condensateur a emmaganisé une quantité d'énergie égale à $\frac{1}{2}CV^2$ et la bobine une énergie $\frac{1}{2}LI^2$ égale à la précédente. Mais cette bobine va à son tour se décharger dans le condensateur et lui fournir son énergie et, comme pendant cette action la force électromotrice de la source a continué à agir, il en résulte qu'à la fin de la demi-période, l'énergie emmagasinée dans le condensateur a quadruplé, de sorte que sa tension a doublé. Ceci suppose évidemment qu'il n'y a pas de résistance dans le circuit.

Dans l'étude des phénomènes qui se produisent lors de l'ouverture normale d'un circuit, il y a lieu de se préoccuper du point du réseau où se fait la coupure.

Si la coupure se fait près des transformateurs, au bout de la ligne, le circuit de l'alternateur ne renferme plus uniquement que la capacité (représentée par la ligne). Dans ces conditions on peut s'attendre à une surtension très élevée et qui atteint par exemple trois fois la tension du réseau. Il faut en conclure que la rupture du circuit en sous-station est une opération dangereuse.

La coupure se faisant à l'usine, le circuit résonnant renfermera les transformateurs et la ligne. Si la résistance dépasse une certaine limite, il n'y a pas d'oscillations. Avec une ligne ayant une capacité de 2,2 microfarads, on trouve, dans l'exemple précédemment cité, que la valeur de cette résistance limite est de 2000 ohms. Comme le circuit considéré possède toujours une grande résistance, la surtension n'est pas à craindre dans ce cas.

Lorsqu'on coupe un court-circuit, la surtension peut devenir très élevée. Le court-circuit annule la charge du condensateur et augmente le débit de l'alternateur et par suite l'énergie $\frac{1}{2}LI^2$ emmagasinée dans celui-ci. La résistance étant très faible, l'amortissement est faible également et le coefficient de surtension α prend pour expression $\alpha = \sqrt{\frac{1}{\omega^2 CL}}$. En appliquant dans le cas spécifié ci-dessus, on trouve $\alpha = 7,5$. Si l'on suppose une ligne aérienne au lieu d'une ligne souterraine, la capacité étant réduite à un dixième environ de la capacité de cette dernière ligne, le coefficient α devient 20 à 25.

M. Picou conclut en divisant les surtensions en deux catégories. Dans une première catégorie entrent les surélévations normales. On doit choisir les câbles avec une rigidité suffisante pour résister à celles-ci. Les surtensions anormales forment la deuxième catégorie et, comme les câbles ne pourraient pas résister à ces tensions, il faut prévoir des dispositifs de protection des lignes, tels que des déchargeurs, véritables soupapes de sûreté. M. Picou fait d'ailleurs remarquer que ces appareils ne sont pas difficiles à construire, car l'énergie en jeu est toujours très faible.

Dans la discussion qui suit cette communication, M. Brylinski traite la question d'une façon toute mathématique. Nous ne suivrons pas le conférencier dans ses formules, ce qui nous entraînerait à de trop longs développements. Il démontre ainsi que, lors de la fermeture du circuit, la tension aux bornes du condensateur peut atteindre au maximum 2,02 fois la tension de l'alternateur. Cependant cette valeur n'est jamais atteinte, parce que d'une part la fermeture se fait rarement au point de la période où la tension est maxima et que, d'autre part, la fermeture se produit toujours avec formation d'un arc qui introduit alors un amortissement assez considérable.

M. Boucherot présente des courbes qu'il a tracées en vue de montrer l'établissement du régime dans un circuit résonnant. Ces courbes indiquent que, même quand il n'y a pas exactement résonance, pendant l'établissement du régime, on peut avoir des tensions plus élevées qu'à l'équilibre.

M. Boucherot explique ensuite pourquoi, en pratique, les surtensions sont beaucoup moins élevées que celles que la théorie semble indiquer. Dans l'amortissement, qui augmente énormément avec la fréquence, il ne faut pas comprendre uniquement la résistance du circuit, mais il faut y ajouter une valeur équivalente aux pertes dans le fer, par courants de Foucault et hystérésis.

Société française de physique.

A la séance du 6 mai 1904, M. VILLARD décrit et répète en partie ses expériences *Sur la décharge dans les gaz raréfiés*.

Cette décharge peut présenter deux régimes entièrement distincts. Si par exemple, opérant avec le classique tube à croix de Crookes, on prend comme source une batterie de bouteilles de Leyde chargées, à l'aide d'une soupape, par une bobine de Rühmkorff (¹), on constate que la décharge, qui a commencé à passer pour un potentiel de 30000 à 40000 volts, continue, si l'on cesse de charger la batterie, pendant un temps de l'ordre d'une minute. La fluorescence verte, déplaçable par un aimant, qui manifeste la décharge, ne s'éteint que progressivement. La batterie reste chargée.

Les choses se passent tout autrement si l'on porte le potentiel à une valeur notablement plus élevée, 50000 ou 60000 volts; un faisceau de lumière violette emplit le tube, la batterie se décharge par un courant oscillant qui ne lui laisse plus qu'un résidu très faible et de signe variable. En même temps on entend dans le tube, à chaque décharge, un bruit sec produit par les déformations brusques du verre sous l'influence du déplacement instantané des charges électrostatiques. Cette déformation a suffi pour faire sauter un capuchon de métal mastiqué sur le verre.

M. Villard compare ces deux régimes, le premier à une fuite lente à travers de petits orifices, le second à l'éclatement brusque d'une paroi. Il les considère comme analogues aux décharges par aigrette et par étincelle qui se produisent à la pression ordinaire. L'aigrette s'établit et persiste entre deux corps dont les potentiels diffèrent beaucoup, tandis que l'étincelle égalise brusquement les potentiels.

Dans l'air amené par raréfaction au minimum de résistance, on observe des phénomènes analogues. Dans le premier régime, stable, une lueur continue, en forme de chenille, réunit les deux électrodes, distantes de quatre ou cinq fois l'intervalle explosif qui correspond à la tension employée. Cette chenille se courbe sous l'action des gaz chauds, lorsque sa direction n'est pas verticale. Sous une tension beaucoup plus forte, on voit le trait de feu accompagné du claquement caractéristique du verre.

Enfin, il peut arriver, comme le montre M. Villard, que ce trait de feu ne soit pas entièrement uniforme, mais que certaines parties présentent un épanouissement avec séparation en plusieurs bandes d'aspect différent. Les deux régimes de la décharge se présenteraient simultanément. M. Villard pense qu'il en est ainsi dans les expériences où M. Pellat a cru voir un effet nouveau du champ magnétique sur la décharge, effet qu'il a attribué à une *magnétofriction*. Une intéressante discussion s'engage entre MM. Villard, Broca, d'une part, et M. Pellat, d'autre part, qui doit exposer prochainement, devant la Société, les résultats de ses nouvelles recherches.

(¹) Cette orthographe, avec ü, est celle que donne, en attirant l'attention sur ce point, le troisième volume du *Dictionnaire bibliographique* de Poggendorff (Leipzig. A. Bauth, 1898).

Enfin, M. Villard attribue au premier mode de décharge l'arc à mercure, qui peut occuper une longueur de 50^{cm} ou 60^{cm} sous une tension de 25 à 30 volts. Dans les premiers moments, quand le tube n'est pas encore chaud, il ne semble pas que la vapeur de mercure ait une densité suffisante pour expliquer par les lois ordinaires la persistance de l'arc.

M. Guillaume expose les recherches de MM. NAGAOKA et HONDA *Sur la magnétostriction des aciers au nickel*.

Les essais exécutés sur des ovoïdes de 20^{cm} de long sur 1^{cm} de diamètre, contenus dans une bobine de 35^{cm} de long, ont montré que la saturation magnétique était obtenue au voisinage de 150 gauss. La courbe qui représente la susceptibilité en fonction de la teneur en nickel, à partir de 22 pour 100, proportion pour laquelle les alliages commencent à être magnétiques, montre un crochet contenu dans un intervalle de 1 pour 100, au voisinage de 29 pour 100. Des analyses spéciales, effectuées sur la tournure provenant du tournage des ovoïdes, ont montré que l'anomalie, malgré sa petitesse, est bien réelle.

L'allongement dans un champ magnétique, qui a atteint 1500, présente la même singularité; il passe ensuite par un maximum et redescend à la valeur négative observée pour le nickel pur.

Enfin les variations de volume, qui sont voisines de 50.10^{-6}, et qu'on mesure en plaçant les ovoïdes dans l'eau d'un récipient terminé par un tube capillaire, présentent un maximum au voisinage de la proportion 29 pour 100. C'est également là que M. Guillaume a observé une singularité dans la résistivité. Cette teneur correspond à peu près à la limite entre les aciers réversibles et les aciers non réversibles. C. R.

L'Exposition d'automobiles du Krystall-Palace.

M. H.-L. JOLY vient de publier à ce propos, dans le *Centralblatt für Accumulatoren* du 1er avril 1904 (t. V, p. 73), un article d'où nous extrayons les renseignements suivants :

Les voitures électriques étaient peu nombreuses : la maison *Anti-Vibrator* exposait un petit coupé; la *London Electromobile Co* présentait quatre voitures. Dans le stand de la *Electromobile Co* se trouvaient huit voitures, parmi lesquelles plusieurs grands landaulets et un cab.

Les moteurs de ces dernières voitures sont du type Contal-Gasnier. Un moteur du type de 6 chevaux pèse seulement 56^{kg} et a un rendement de 0,86 entre la demi-charge et la pleine charge. La batterie de 44 éléments Contal est suspendue sous la voiture. Les éléments sont de deux types : à 15 ou à 17 plaques; leur capacité respective est de 130 et 150 ampères-heure au régime de 30 ampères. Les plaques sont du type à grille en deux parties, avec alvéoles carrés.

La *Anglo-American Motor-Car Co* exposait différentes voitures parmi lesquelles une victoria. Les accumulateurs sont du type Exide; ils sont logés dans une caisse suspendue sous la voiture pour la victoria.

La voiture pétroléo-électrique n'était pas représentée.

Comme accumulateurs de traction, on rencontrait uniquement, outre les éléments Dinin-Bœse, l'accumulateur

Sola de W.-J. Still, désigné aussi sous le nom d'accumulateur *Ideal*.

L'accumulateur N. S. (Niblett *Solid*) exposé comprend un vase plombé intérieurement et au milieu duquel est disposé un vase poreux. L'espace compris entre celui-ci et les parois est rempli de couches successives de copeaux de plomb et de grains de litharge. Le vase poreux renferme une tige cylindrique garnie de nervures que l'on empâte de peroxyde de plomb; ce vase poreux est également rempli de couches successives de copeaux de plomb et de grains de litharge. Un élément de dimensions extérieures : longueur, 187^{mm}; largeur, 187^{mm}; hauteur, 445^{mm} pour le récipient, a comme capacité 100 ampères-heure; mais il est naturellement lourd et la circulation du liquide ne peut s'y faire.

L'élément à lithanode pour inflammation est assez intéressant. Le vase en celluloïd est d'environ 1^{cm} plus long qu'ordinairement et, dans cet intervalle, on a ménagé une chambre séparée de l'élément. A la partie supérieure de l'élément est disposé un tube de celluloïd qui règne sur la plus grande partie, recueille les gaz et les conduit vers la partie inférieure de la chambre spéciale. Dans celle-ci se trouve un petit réservoir relié à l'extérieur par un petit tube. Les projections entraînées par les gaz se précipitent dans la chambre séparée et l'élément peut être renversé sans qu'il s'en écoule une goutte de liquide.

Peto et Radford présentaient leur accumulateur à pâte de sulfate de plomb comme électrolyte. Ces constructeurs exposaient aussi l'élément *Énergique* de Commelin et Viau, dans lequel on emploie des baguettes de cadmium. L. J.

Grue électrique pour la construction des bâtiments.

Tandis que l'usage des grues mécaniques et notamment électriques, pour la manutention des objets volumineux s'est très répandu, l'emploi d'engins mécaniques pour le transport des matériaux de construction tels que pierres, fers, est encore une rareté. *L'Elektrotechnische Zeitschrift*, du 7 avril, donne la description, avec plans et photographie, d'une grue électrique utilisée dernièrement à Bruxelles, pour la construction d'une caserne de 23^{m} de hauteur et 200^{m} de longueur.

Cette grue de 10^{t}, établie par la Société *Elektrische Industrie*, à Karlsruhe, a une hauteur de 23^{m},75 et se termine par un bras de 6^{m} de portée horizontale : sa longueur est de 6^{m} et sa largeur a été réduite le plus possible (3^{m},85), de manière à ne pas trop encombrer la rue.

Elle peut se déplacer sur une voie de 3^{m},25, tourner autour d'un pivot vertical (la charge décrit ainsi un cercle de 12^{m} de diamètre) et soulever la charge à 23^{m},5 au-dessus du sol. Chacun de ces trois mouvements est produit par un moteur spécial et les trois moteurs sont commandés par un mécanicien, placé dans une cabine située à 3^{m} de hauteur à l'intérieur du pylône de support de la grue; ce pylône se termine à 15^{m} de hauteur par une plateforme permettant de surveiller au besoin les travaux. Entre les huit roues est ménagé un espace vide de 2^{m},40 de large et 1^{m},40 de haut, de façon à ce que la grue puisse passer au-dessus des pierres de taille.

Cet appareil, construit pour une charge normale de 10^{t}, peut en soulever 15; la vitesse de soulèvement est de 5^{m} par minute pour 10^{t} et de 17^{m},5 par minute pour 3^{t}. La vitesse de rotation autour du pivot vertical est de 40^{m} par minute. Des dispositifs de sûreté sont établis pour limiter le soulèvement de la charge et empêcher sa chute en cas d'échappement du treuil.

La dépense de courant est très faible et l'emploi de cette grue procurera une économie de temps et de frais de manutention très appréciable. L'électricité seule permet d'obtenir la facilité d'installation et le faible encombrement que nécessite un appareil de ce genre.

Le nouveau service téléphonique de Brescia.

Dans *L'Elettricista* du 1er janvier 1904, t. XIII, p. 33, M. G. Motta rappelle que Brescia a été la première cité possédant un service téléphonique à batterie centrale : celui du système Hipp, dans lequel la pile est en dérivation sur les cordons, et où le microphone est directement inséré sur la ligne sans l'intermédiaire de bobine d'induction. Le fonctionnement de l'installation primitive étant devenu défectueux, l'Union téléphonique Lombarde a dû la refaire complètement. Le système établi par la Western Electric C^{o} est à batterie centrale Standard, dérivé du type installé dernièrement à Londres par le Post Office.

Le territoire est divisé en 8 zones de 35 abonnés chacune, soit 280 au total. On a prévu la possibilité d'un service double de celui-ci.

La batterie centrale comprend 71 éléments de chacun 20 ampères-heure; le pôle négatif est à la terre. Cette mise à la terre qui à première vue ne semble nécessaire que dans les réseaux mixtes, c'est-à-dire ayant des circuits à simple fil et des circuits à double fil, a en réalité de notables avantages même pour les réseaux qui, comme celui de Brescia, sont complètement à double fil.

Elle est très utile pour éviter la confusion des conversations et elle sert à maintenir l'équilibre électrostatique dans tout le système, en empêchant les perturbations qui résulteraient de la mise à la terre d'une ligne ou d'un contact à haut potentiel.

Enfin elle simplifie les connexions pour les organes du tableau qui doivent être reliés au pôle mis à la terre.

G.

Bureau de contrôle des installations électriques.

D'après le rapport de M. Roux, directeur, à l'Assemblée générale du 12 mars, du Syndicat des Industries électriques, le Bureau de contrôle a procédé, pendant l'exercice 1903, à la vérification complète de 2676 installations, dont 439 installations de force motrice. 1001 d'entre elles, soit 37 pour 100, ont été reconnues en bon état; 359 étaient défectueuses comme isolement des circuits; 617 comportaient des défectuosités dans l'appareillage; 564 présentaient un montage incorrect; 405 étaient mal entretenues; 221 étaient défectueuses comme isolement de moteurs et dynamos; enfin 67, soit 2,5 pour 100, étaient défectueuses à tous points de vue.

Les vérifications de compteurs ont porté sur 2778 appareils : 2221, soit 78 pour 100, ont été reconnus exacts; 546 avançaient ou retardaient de plus de 5 pour 100.

Tome I. — N° 10. **30 Mai 1904.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, CHARPENTIER, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, GUILBERT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN, PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

SOMMAIRE.

I. **Article :** Commande électrique de la partie tournante du pont de Troïtsky, à Saint-Pétersbourg, par M. P. DIÉNY, p. 289.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 295; Transmission et Distribution, p. 304; Traction, p. 307; Éclairage, p. 310; Électrochimie, p. 310; Mesures, p. 311.

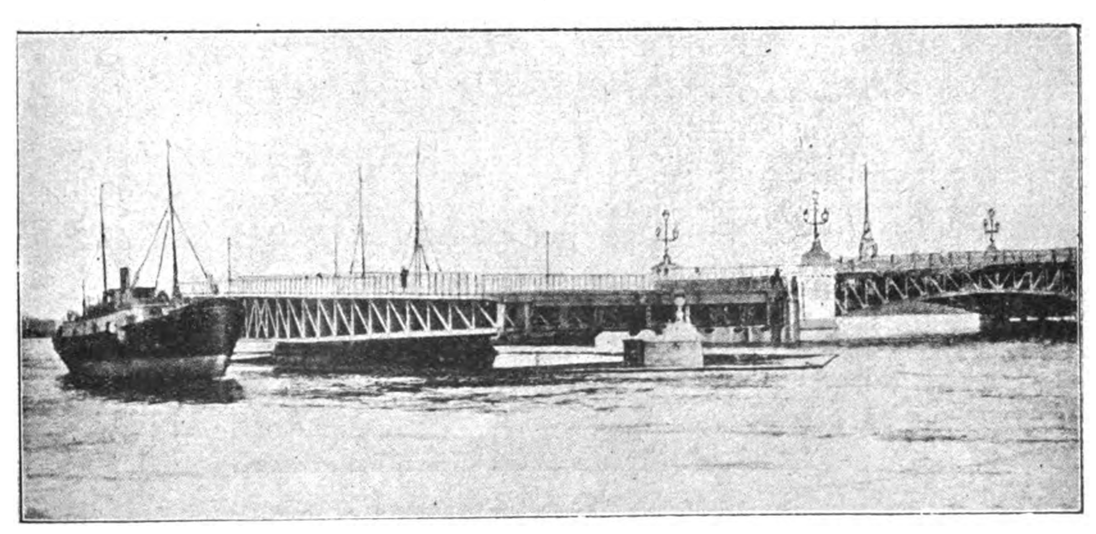
III. **Bibliographie,** p. 316. — IV. **Variétés et informations,** p. 317.

COMMANDE ÉLECTRIQUE DE LA PARTIE TOURNANTE DU PONT DE TROÏTSKY A SAINT-PÉTERSBOURG.

Le nouveau pont de Troïtsky sur la Néva a été ouvert à la circulation le 16/29 mai 1903. Construit par la Société des Batignolles, il a une longueur de 480^m sur $23^m,50$ de large, et comprend 6 arches dont une mobile (*fig.* 1).

Cette dernière a une longueur de 80^m et pèse 700000^{kg}, elle repose sur un pivot central et sur 64 galets en acier coulé, tournant sur un cercle de même métal de $18^m,20$ de diamètre (*fig.* 2 et 3).

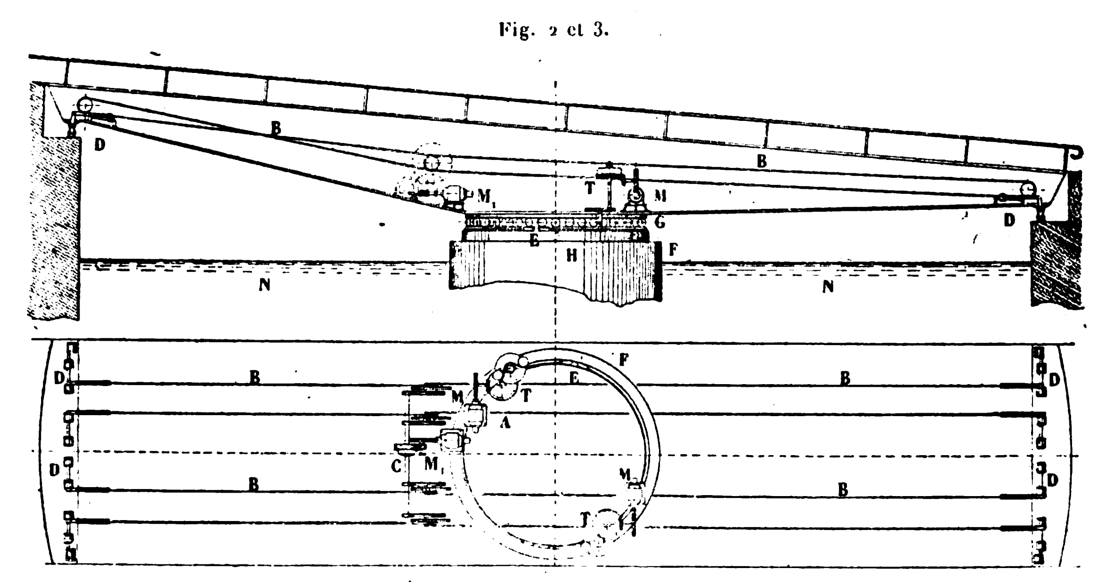
Fig. 1.



Vue du pont tournant ouvert.

Tous les mouvements de la partie tournante sont résolus électriquement; leur commande est centralisée dans une chambre de manœuvre A (*fig.* 3) comprenant : le tableau de distribution

Fig. 2 et 3.



Élévation et plan schématique :

A, chambre de manœuvre.
M₁, moteur de calage et de décalage.
C, treuil » » »
B, tringles » » »
D, rouleaux » » »
M, M, moteurs de la rotation.
T, T, treuils » »
G, galets de roulement du pont.
F, chaîne Galle.
E, manchons d'attache des chaînes Galle.

(*fig.* 4), les contrôleurs de mise en marche et les appareils arrêtant automatiquement les moteurs lorsque le pont a pris ses positions normales d'ouverture, de fermeture, de calage ou de décalage.

Le courant employé est triphasé à 120 volts,

Fig. 4.

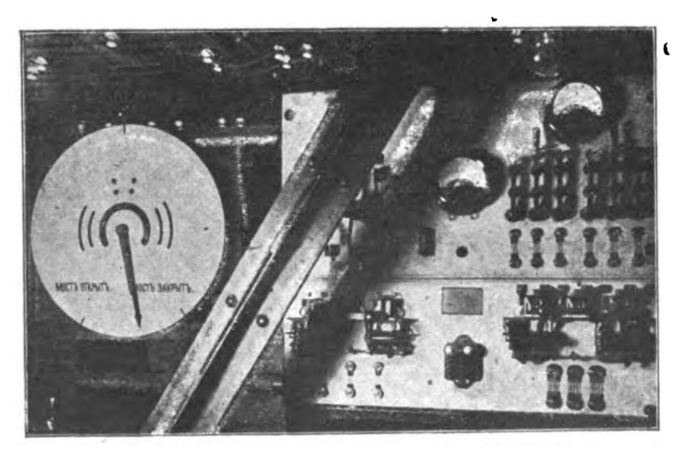


Tableau de distribution; à gauche, cadran indicateur de la rotation.

50 périodes et est fourni par un réseau urbain; un câble armé à 3 âmes plongé dans la Néva amène le courant au pivot central.

La manœuvre complète du pont comporte le décalage, l'ouverture, la fermeture et le calage.

Lorsque le pont tournant repose uniquement

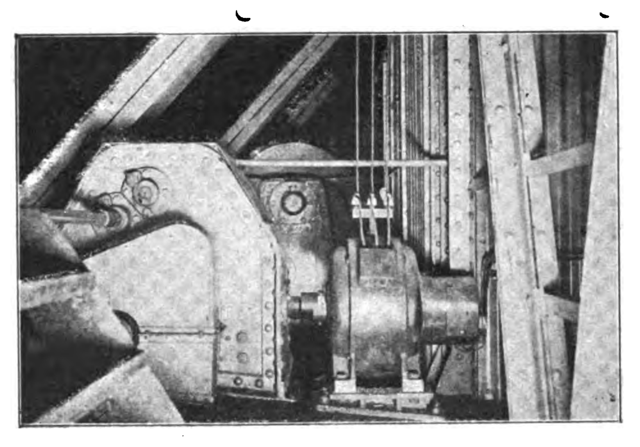
sur son pivot central et sur les galets de rotation G, ses deux extrémités s'abaissent de 110 m/m en raison de leur poids ; le calage a pour but de les mettre de niveau avec le pont fixe. Le décalage est l'opération inverse.

Le calage est obtenu en soulevant chaque extrémité du pont au moyen de 10 rouleaux D en acier coulé, fixés à l'extrémité de bras de leviers commandés par 4 systèmes de tringles en fer B, partant du centre du pont (*fig.* 2 et 3). Ces 10 rouleaux viennent se placer sur autant de plaques en acier coulé à surface légèrement oblique fixées sur les culées ; les réactions sur les culées sont de 15 tonnes par rouleau.

Les tringles B sont formées de fortes barres en fer plat et sont terminées à chaque extrémité par des chaînes Galle s'enroulant sur des roues dentées.

Les roues dentées de commande, situées au centre du pont, sont mises en mouvement par 4 treuils à engrenage, commandés par un arbre commun C dont la rotation est obtenue par un moteur électrique de 20 chevaux M_1, par l'intermédiaire d'une vis sans fin.

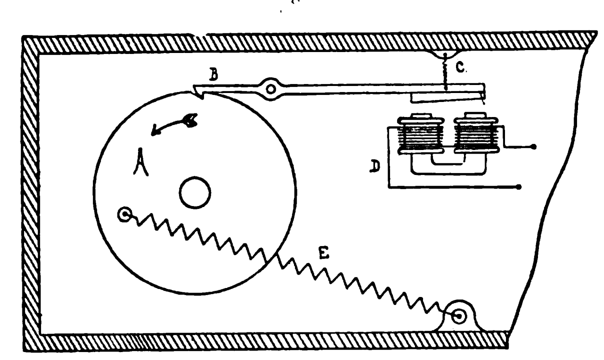
Fig. 5.



Moteur et treuil de calage.

Les moteurs (*fig.* 5), employés tant pour le calage que pour la rotation, sont du type hermétique avec stator à enroulement à spires et rotor à enroulement à barres ; les bagues de prise de courant du rotor sont en porte-à-faux ; 2 ouvertures latérales en permettent une visite facile.

Fig. 6.

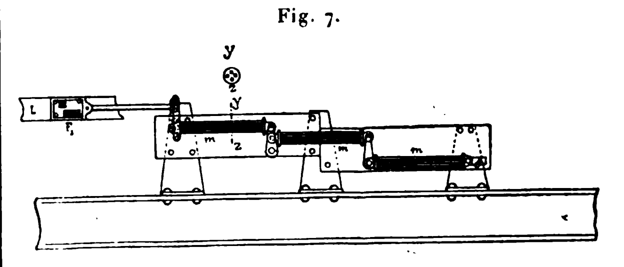


Dispositif de retour de la manette du contrôleur.

La puissance normale des moteurs est de 20 HP sous 120 volts 50 périodes, leur vitesse en charge est de 735 tours.

Les moteurs sont mis en marche à l'aide de

Fig. 7.

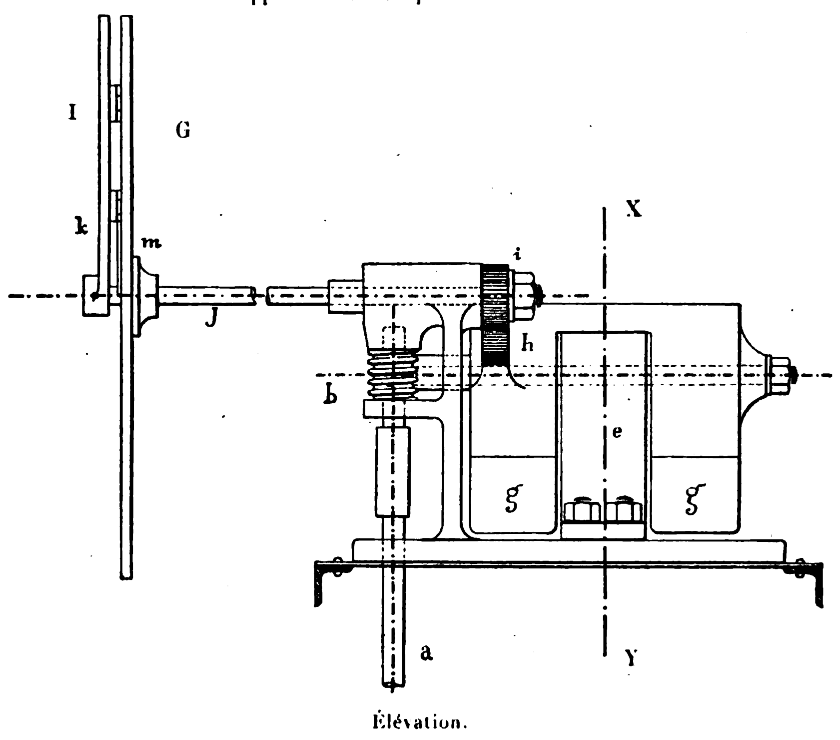


Appareil de dilatation.

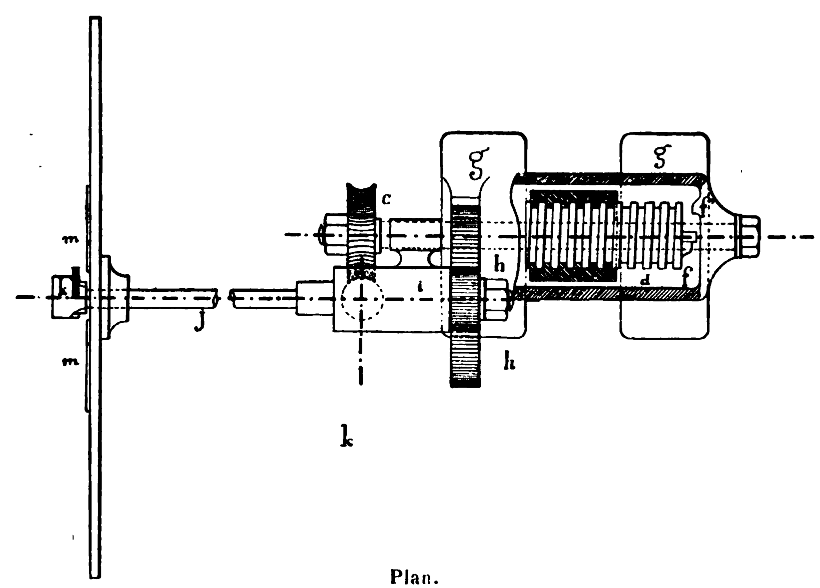
contrôleurs hermétiquement fermés munis de 2 manettes ; celle de droite permet de changer le sens de rotation des moteurs, celle de gauche sert pour le démarrage. Les résistances de démarrage sont placées à la partie inférieure des contrôleurs dans des réservoirs à huile.

Sur l'axe de la manette de démarrage est fixé un plateau en acier A (*fig.* 6) portant une encoche dans laquelle vient s'engager un cliquet B lorsque le rotor est en court-circuit; un ressort C

Fig. 8 et 9.
Appareil automatique de la rotation.



Élévation.



Plan.

appuie ce cliquet dans l'encoche. Un électro-aimant D dans lequel on lance du courant à un moment donné fait basculer le cliquet et permet à un ressort E de ramener la manette de démarrage à son point de départ et d'arrêter le moteur.

Les appareils d'arrêt automatique de fin de

calage ou de fin de décalage sont formés chacun d'une plaque d'ardoise F (*fig.* 11) portant 2 contacts longs et 2 courts; les contacts longs mettent en mouvement une sonnerie d'avertissement, les contacts courts font fonctionner l'électro-aimant lorsque l'une des pièces de contact fixées sur les tringles de calage vient à passer devant la plaque F. Dans la figure 11 la pièce de contact est représentée au moment où elle établit le courant dans l'électro-aimant et arrête le moteur à la fin du calage.

Cette manière simple d'arrêt des moteurs présentait un inconvénient dans le cas du calage, car il fallait tenir compte des effets de la dilatation sur les tringles en fer B. En effet, supposons que les appareils aient été réglés par un temps froid, il s'ensuivra qu'avec une température supérieure la longueur des tringles augmentera; par suite, le moment de l'arrêt du moteur sera avancé et le pont mobile ne sera pas exactement de niveau avec le pont fixe.

Afin de remédier à cet inconvénient le tableau F_1 du calage (*fig.* 7) coulisse sur une pièce L et est fixé à l'extrémité d'un appareil formé d'une série de 3 faisceaux de tiges de zinc *m*, *m*, de 1^m de longueur et 22^{mm} de diamètre. La dilatation linéaire de ces tiges, multipliée par une série de bras de leviers, donne au tableau F_1 un déplacement sensiblement égal à l'accroissement de longueur des tringles; le pont est ainsi toujours de niveau avec le pont fixe, quelle que soit la température.

L'arrêt du moteur de décalage ne présente pas cette rigueur et l'appareil F est fixe.

Le calage ou décalage nécessite un courant de 60 ampères et dure 2 minutes 20 secondes,

La rotation du pont est obtenue au moyen de 2 moteurs de 20 chevaux M, M, semblables au moteur de calage (*fig.* 2 et 3). Ils sont diamétralement opposés et commandent chacun, par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un engrenage conique, un treuil à axe vertical; une roue dentée fixée à la partie inférieure de cet axe engrène avec une chaîne Galle F fixée en 2 points de la pile centrale et tendue au moyen de manchons E à rondelles Belleville. De chaque côté de la roue motrice se trouve une roue dentée fixée au pont tournant et servant de guidage à la chaîne.

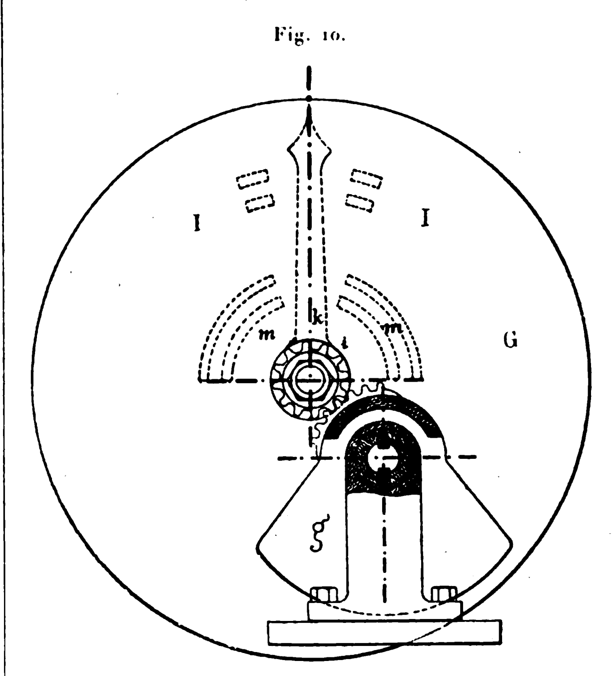
Les deux moteurs de la rotation sont mis en marche à l'aide d'un seul contrôleur; la manette de droite commande l'inversion de marche des 2 moteurs, celle de gauche 2 rhéostats de démarrage.

La rotation est également munie d'un appareil arrêtant automatiquement les moteurs lorsque le pont a pris ses positions normales d'ouverture ou de fermeture.

Cet appareil est basé sur le nombre de tours que fait l'arbre vertical du treuil pour une rotation de 90°. Sur le prolongement de l'axe est fixé un arbre *a* terminé par une vis sans fin *b* (*fig.* 8); cette vis engrène avec une roue dentée *c* sur l'axe de laquelle glisse, dans un écrou *e*, une vis *d*, terminée à chaque extrémité par un taquet *f*. Ce taquet vient buter à la fin de la course de la vis contre un des taquets f_1 du contrepoids *g*, *g* et fait tourner celui-ci; le secteur denté *h* entraîne l'aiguille *k* par l'intermédiaire de la roue dentée *i* (*fig.* 10).

La vis *d* et la position des taquets f_1 sont

Fig. 10.



Appareil automatique de la rotation. — Coupe.

réglés, pour que le contrepoids *g* ne commence à se mouvoir que lorsque le pont n'a plus à parcourir que $1^m,50$ sur sa circonférence.

L'aiguille, en se déplaçant sur le disque G, réunit les 2 contacts I et provoque l'arrêt des moteurs; le pont continue à tourner par son

inertie, l'aiguille parcourt le cadran, ferme le circuit de la sonnerie et avertit le mécanicien de la fin de la rotation.

Le pont vient buter, soit à l'ouverture, soit à la fermeture contre des tampons munis de rondelles Belleville. L'aiguille occupe la position indiquée sur le schéma (*fig.* 10) si le pont est fermé, la position symétrique par rapport à l'axe vertical, s'il est ouvert; elle n'occupe la position médiane (*fig.* 10) que pendant la rotation.

La puissance des moteurs a été prévue pour pouvoir effectuer la rotation à l'aide d'un moteur seulement. La rotation dure 3 minutes 30 secondes et nécessite un courant de 90 ampères. La manœuvre complète d'ouverture ou de fermeture demande 6 minutes.

Fig. 11.

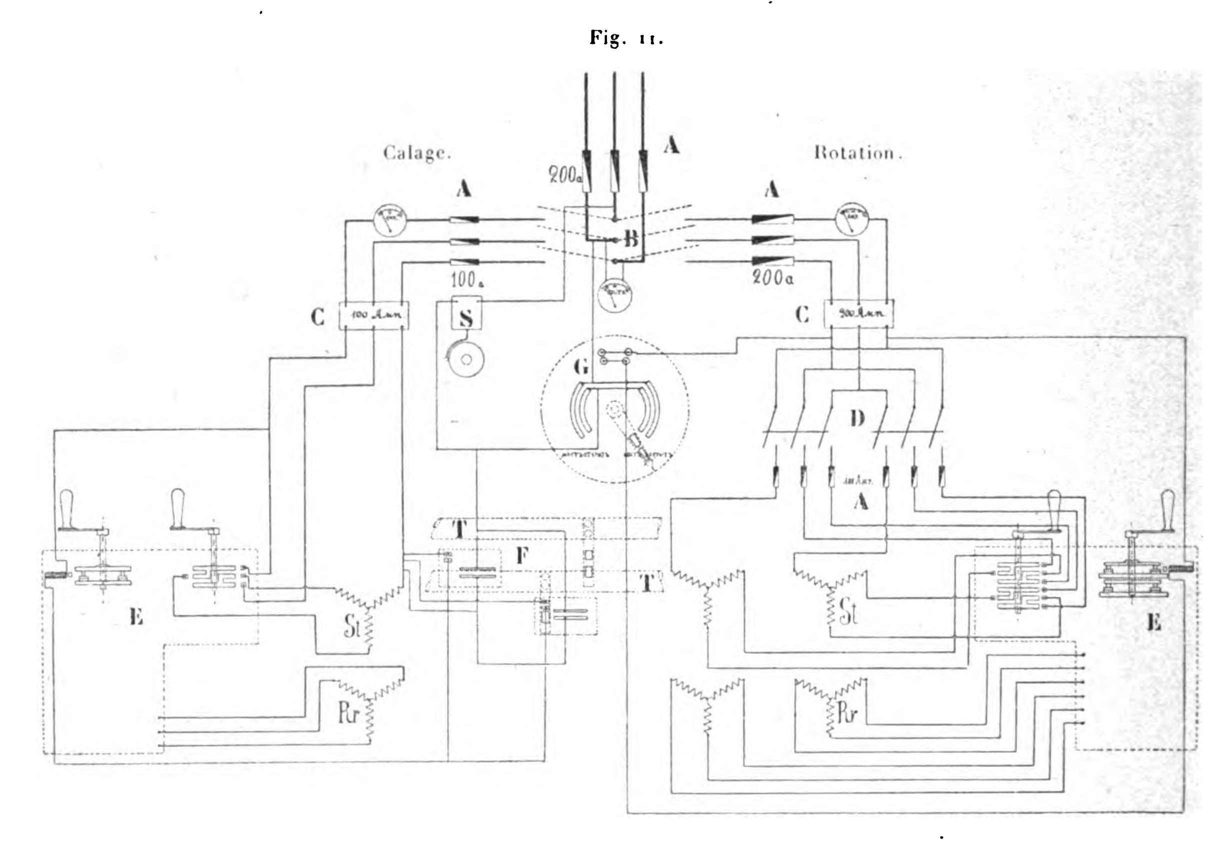


Schéma général.

Nous avons représenté (*fig.* 11) le schéma général de distribution. Le courant peut être donné au moyen du commutateur B, soit au moteur de calage, soit aux moteurs de rotation; des fusibles A et des interrupteurs automatiques C sont placés sur chaque circuit; en outre 2 interrupteurs tripolaires permettent de faire travailler un seul moteur pour la rotation.

L'installation (sa description a été donnée par le journal russe *Elektrichestvo* du 15 janvier 1904), effectuée par la Compagnie Centrale d'Electricité de Moscou, a parfaitement fonctionné pendant la période de navigation dernière et, même après l'inondation de novembre qui a submergé en partie moteurs et appareils, on a eu aucune avarie à déplorer.

P. Diény.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS [1].

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Les dynamos destinées à être accouplées directement aux turbines à vapeur (turbo-dynamos), par le professeur Dr F. NIETHAMMER. (*Zeitschrift für Elektrotechnik*, 7 février 1904; *Electrical World and Engineer*, t. XLIII, p. 558-560 et 595-598, 19 et 26 mars 1904).

Parmi les questions à l'ordre du jour actuellement pour les ingénieurs électriciens, les plus nouvellement posées sont peut-être celles qui se rapportent à la réalisation de dynamos génératrices ou motrices à grande vitesse. Le développement considérable que tendent à prendre les turbines à vapeur et les pompes rotatives à haute pression a en effet amené à étudier des machines électriques de grande puissance, faisant de 500 à 2000 tours par minute. A ce point de vue, le Mémoire de M. Niethammer mérite d'être analysé avec quelques détails.

La première Partie de ce travail est un résumé de l'Ouvrage de l'auteur : *Machines, appareils et installations électriques* [2], et étudie la question de la commutation dans les machines à courant continu.

Pour obtenir une bonne commutation, il faut que la force contre-électromotrice de réactance

$$e_r = 4\,n\,\mathrm{LI}\ (^3)$$

soit inférieure à 2 ou 3 volts à toute charge, ou qu'elle soit continuellement contrebalancée par un champ extérieur, soit pour sa valeur totale, soit à 2 ou 3 volts près. Or dans les turbo-dynamos de meilleure construction, e_r atteint de 5 à 15 volts. Cela tient à ce que n est toujours grand et que l'on ne peut réduire I qu'en sectionnant la machine en plusieurs, connectées en parallèle. Quant à L on le diminuerait en adoptant un induit étroit, sauf à avoir un grand diamètre et par suite une vitesse périphérique très notable, ou encore en opposant une grande réluctance au flux de self aux environs des bobines court-circuitées.

Pour neutraliser la force électromotrice e_r par une force électromotrice auxiliaire opposée e_a, les procédés préconisés sont les suivants :

a. Thury et Parsons décalent automatiquement les balais en suivant les variations du courant débité. Siemens Bros [4] font de même en utilisant un relais excité sous la différence de potentiel entre la lame du collecteur et le porte-balai.

b. On peut disposer des pôles auxiliaires non bobinés, qui puissent être décalés radialement ou concentriquement à l'induit dans l'espace interpolaire; ce moyen permet de faire varier le champ de dispersion.

c. Ryan et Déri emploient des enroulements auxiliaires, décalés d'environ un demi-espace interpolaire par rapport aux pôles principaux et excités par le courant principal. Ce dispositif a l'avantage de diminuer la réaction d'induit et d'assurer une marche sans étincelles pour le champ le plus réduit.

d. Sautter, Harlé et Cie, Siemens et Halske ajoutent, en face des bobines en court-circuit, des pôles auxiliaires excités par le courant principal.

e. Sayers et Seidener utilisent des enroulements compensateurs dans l'induit.

f. Thury emploie un dispositif de soufflage des étincelles par l'air comprimé. Il a préconisé également, pour remplir le même but, l'utilisation de condensateurs connectés entre les lames du collecteur [5].

g. On peut enfin remplacer les dynamos à collecteur par les machines dites *unipolaires* ou *homopolaires* produisant du courant continu sans commutation. Jusqu'ici, de telles machines n'ont pu être exécutées que pour 50 volts au plus, et elles sont le siège de courants de Foucault importants.

Pour les turbo-alternateurs, il est parfois difficile de concilier la vitesse des turbines avec la fréquence que l'on veut obtenir; à ce point de vue il faut espérer qu'on arrivera à réduire les vitesses de la pratique actuelle.

---

(1) L'Office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXe), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Ier). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

(2) *Elektrische Maschinen, Apparate und Anlagen* (Enke, éditeur).

(3) n périodicité de la commutation égale $\frac{\text{vitesse du collecteur}}{\text{2 fois l'épaisseur du frotteur}}$; L coefficient de self-induction en henrys; I courant dans le circuit de l'induit.

(4) Brevet anglais, n° 3777, 1903.

(5) Brevet allemand, n° 142562.

L'auteur discute ensuite la question de l'élévation de température en se servant de l'expression [1]

$$T = k \frac{W}{S(1 + 0,3\sqrt{v})}.$$

Si la vitesse d'une machine donnée s'élève de v à mv, le courant restant constant, la tension aux bornes croît, les pertes dans le cuivre restent les mêmes et les pertes dans le fer augmentent. La machine prend donc une température T_m dont le rapport à la température T correspondant à la vitesse v est représenté par

$$\frac{T_m}{T} = \frac{W_c + mW_h + m^2 W_f}{W_c + W_h + W_f} \times \frac{1 + 0,3\sqrt{v}}{1 + 0,3\sqrt{mv}}.$$

La température croît donc avec m, et il peut arriver que, si l'on se fixe une température limite T_m, les pertes dans le fer suffisent déjà pour l'atteindre.

L'élévation de température empêche de compter sur aucune proportionnalité entre ce que l'on peut demander à une machine et la vitesse, si l'on fait croître cette dernière. Ceci se voit si l'on reprend la valeur de l'élévation de température, en mettant en évidence la vitesse

$$T = \frac{W_c + \alpha v + \beta v^2}{S(1 + 0,3\sqrt{v})}.$$

Dans les meilleures machines à vitesse ordinaire, les pertes dans le fer sont déjà généralement supérieures aux pertes dans le cuivre; il est donc *a fortiori* évident que le numérateur croît plus vite avec v que le dénominateur.

Pour atténuer l'élévation de température, il y a lieu de prendre des sections de fer aussi grandes que possible et d'employer des tôles très minces.

On sera généralement amené à accroître la longueur de la machine suivant l'axe. En effet, dans les machines à courant continu, la hauteur des tôles est limitée, d'une part par le diamètre de l'arbre et, de l'autre, par le diamètre maximum admissible, eu égard à la vitesse circonférencielle.

Pour les alternateurs les limites sont plus larges, mais, étant donnée la répartition irrégulière du flux dans le fer par suite de la grande courbure de l'entrefer, les pertes dans le fer ne sont pas inversement proportionnelles à l'épaisseur radiale.

Le refroidissement sera facilité par l'usage de canaux de ventilation, par l'emploi d'ailettes qui brassent l'air ou même de ventilateurs proprement dits. Parfois aussi, on aura avantage à recourir à une circulation d'eau.

Il faut faire grande attention que des courants de Foucault ne viennent pas à prendre naissance dans les conducteurs eux-mêmes ou dans les pièces massives du bâti.

L'auteur s'arrête ensuite à l'étude des dimensions des pièces en mouvement de rotation, eu égard aux actions mécaniques qu'elles supportent.

Il indique tout d'abord une formule permettant de calculer l'élévation de température des paliers, laquelle est proportionnelle à la puissance $\frac{3}{2}$ de la vitesse. Or les vitesses admises pour les portées des arbres des turbo-dynamos sont de 10^m à 15^m par seconde, au lieu de 2^m à 5^m comme pour les machines ordinaires. Les paliers doivent donc être à circulation d'huile sous pression et même à refroidissement d'eau.

Il faut aussi que l'arbre tourne rigoureusement rond et que toutes les parties tournantes soient exactement équilibrées, tant au point de vue de la pesanteur que des attractions magnétiques.

Au point de vue de la résistance mécanique, l'action de la force centrifuge a une telle importance qu'on doit vérifier les dimensions de toutes les parties tournantes en en tenant compte.

Dans les machines à courant continu, il faut calculer la section à la base des dents, en considérant la masse de la dent augmentée de deux fois la demi-masse des enroulements adjacents, puisque la force centrifuge qui s'exerce sur ces enroulements est reportée sur le fer par des réglettes de bois ou plutôt de métal.

Pour calculer l'épaisseur des réglettes, il faut considérer la masse de toute la partie des enroulements sous-jacents, de même que pour déterminer les dimensions des frettages.

Les lames de collecteur se calculent comme des solides encastrés ou appuyés à leurs deux extrémités et uniformément chargés.

Malgré l'adoption de vitesses périphériques très élevées, atteignant 50^m par seconde, le diamètre n'est souvent pas suffisant pour qu'on puisse atteindre le moment d'inertie désiré par augmentation de hauteur de la lame; il faut alors fretter le collecteur.

Dans les alternateurs à pôles tournants, qui sont la majorité, on peut réaliser les enroulements inducteurs de différentes manières :

a. La société *Union* [1] employait des bandes de cuivre de champ, les parties en porte-à-faux des

---

[1] T température en degrés centigrades d'un corps tournant à la vitesse de v mètres par seconde et dans lequel W watts sont transformés en chaleur;

S surface de rayonnement en centimètres carrés, k constante.

W est, dans les dynamos, la somme des pertes dans le cuivre W_c, des pertes par hystérésis W_h, proportionnelles à la vitesse ($= \alpha v$) et des pertes par courants de Foucault W_f, proportionnelles au carré de la vitesse ($= \beta v^2$).

[1] Brevet allemand n° 141295.

bobines étant soutenues par des crampons ou des équerres.

b. On peut bobiner le fil sur des carcasses à raison d'un certain nombre de bobines par pôle, chacune étant assujettie au prolongement polaire par une bague ([1]). Parsons passe les conducteurs dans des trous ménagés dans des flasques fixées latéralement sur le fer inducteur ([2]); ces flasques forment, pour ainsi dire, les bases d'un cylindre circulaire droit dans l'axe duquel serait placé l'arbre.

c. La compagnie Westinghouse ([3]) et Brown Boveri et Cie ([4]) reprennent le type de bobinage en navette des premiers induits Siemens, sectionnent l'enroulement inducteur en plusieurs bobines logées dans des encoches parallèles à l'arbre.

d. On a également bobiné les inducteurs avec un enroulement en tambour de machine à courant continu, auquel le courant d'excitation était amené par deux bagues.

e. La Société de construction de machines Œrlikon a utilisé de même un enroulement en anneau avec autant de bobines que de pôles, connectées alternativement en sens inverse : on constitue l'enroulement avec des barres très hautes.

Dans les turbo-alternateurs, à cause du petit nombre des pôles, et pour ne pas avoir une différence notable de potentiel entre deux barres adjacentes, on excite le champ sous 20 à 50 volts seulement. Il faut, pour résister aux efforts mécaniques, que, malgré cela, l'isolant soit épais et solide.

Parsons a construit des alternateurs à induit tournant et à encoches complètement fermées; il est beaucoup plus prudent de s'en tenir au type à inducteurs tournants. Les alternateurs à fer tournant seraient avantageux s'ils ne donnaient pas lieu à des pertes considérables par dispersion et courants de Foucault.

En ce qui concerne l'exécution proprement dite, la meilleure disposition consisterait à réaliser des carcasses inductrices où aucune pièce ne soit rapportée. Mais le plus souvent les prolongements polaires, ou bien les pièces polaires, sont séparés et fixés sur le corps du système inducteur par des vis ou des queues d'aronde et des coins.

Si l'on emploie les vis, il est généralement plus avantageux de rapporter la pièce polaire et non le pôle entier; cela vaut mieux au point de vue de la fatigue de la vis à la traction, et d'autre part on est souvent à court de place pour la tête de la vis.

Les queues d'aronde travaillent à la flexion et au cisaillement; il y a intérêt à en mettre deux au lieu d'une et à en incliner les faces au moins à 60°.

Il ne faut pas oublier de vérifier si l'épaisseur de la pièce polaire est suffisante à l'endroit où elle se raccorde avec le prolongement polaire, si elle n'est pas rapportée, ou, dans le cas contraire, au droit de la vis ou de la queue d'aronde de fixation.

En terminant, l'auteur signale l'intérêt qu'il y a, au point de vue de l'obtention d'une marche silencieuse, à fermer complètement les parties tournantes, les conduits de ventilation restant seuls ouverts, de manière à éviter les mouvements d'air qui produisent des ronflements ou des sifflements désagréables. Il est bon aussi de vérifier, pour le même but, que les bobinages sont solidement fixés et les tôles bien serrées. J. G.

([1]) Brevet allemand n° 134755.
([2]) Brevet anglais n° 5907 de 1902.
([3]) Brevet allemand n° 143119.
([4]) Brevet allemand n° 138253.

Un nouvel élément primaire, par E. G. P. BOUSFIELD. (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, p. 98, 1er mai 1904).

Cette pile, présentée à la séance ordinaire de la Faraday Society le 13 avril 1904, comprend un vase poreux qui renferme de l'acide nitrique et une électrode en charbon. Ce vase poreux est monté dans un vase extérieur qui contient une solution de soude et une électrode métallique, de préférence le zinc. Si l'on utilise des solutions au maximum de conductibilité (par exemple, 12 à 15 pour 100, pour la soude), on obtient une force électromotrice de 2,6 volts.

Indépendamment de sa force électromotrice plus élevée, cet élément peut, paraît-il, être mis en court-circuit beaucoup plus longtemps que la plupart des autres piles, avant épuisement. Un élément fermé en court-circuit avec une résistance totale 0,61 ohm donnait un courant de 4,18 ampères; cette intensité baissait à 2,61 ampères après 1 heure, à 2,38 ampères après 2 heures 15 minutes et à 1,75 ampère après 6 heures.

Un petit élément donnait un courant très constant de 0,8 ampère environ pendant 20 à 25 heures.

L'auteur a essayé d'autres acides dépolarisants ainsi que d'autres électrodes et il a pu obtenir des forces électromotrices plus élevées que celles de la pile précédente, mais ces éléments n'avaient pas les qualités ci-dessus mentionnées. Avec deux électrodes en charbon, la force électromotrice était de 1,35 volt et l'élément formé ressemblait un peu à la pile Becquerel à lames de platine plongeant l'une dans une solution acide, l'autre dans la potasse.

Dans la discussion de cette communication, W. R. COOPER a indiqué les inconvénients qu'offrent l'acide nitrique et la soude employés comme électrolyte. La valeur élevée de la force électromotrice

est seulement apparente, car elle tombe rapidement à 1,8 ou 1,9 volt.

Le président J. Swinburne signale que le Dr Swans a indiqué qu'on peut améliorer un tel élément en le divisant en trois compartiments, le compartiment intermédiaire étant rempli d'une solution neutre (par exemple du nitrate de sodium).

L. J.

Élément H. Jone et élément J.-H. Reid pour la production de l'énergie électrique en partant directement du charbon.

Élément H. Jone. — L'élément Hugo Jone [1] est une pile primaire ordinaire. L'électrode négative est constituée par de l'étain métallique; elle est séparée de l'électrode positive en charbon par un diaphragme en charbon. L'électrolyte est une lessive de potasse (2:1) chauffée à 160° C. L'oxyde de mercure qui remplit le compartiment anodique oxyde l'étain en oxydule. Le mercure réduit, qui se dépose au fond du vase poreux, est repris par un siphon et dissous dans l'acide nitrique. En chauffant le nitrate de mercure, on régénère l'oxyde de mercure, tandis que les vapeurs nitreuses sont retransformées en acide nitrique par traitement par l'air et la vapeur d'eau. L'oxydule d'étain est réduit en étain métallique en le chauffant dans un four, en présence du charbon. L'excès de chaleur de réduction est utilisé pour le fonctionnement de la pile. De cette manière, si l'on fait abstraction des pertes inévitables, on ne consomme que du charbon et de l'air atmosphérique [2].

Les éléments sont noyés jusqu'à une certaine hauteur dans un bain de sable ou de scorie qui les isole électriquement. Le vase poreux en charbon est suspendu par une combinaison isolante au couvercle métallique qui ferme le vase extérieur. Concentriquement à ce vase, à l'intérieur ou à l'extérieur, est placé un agitateur pour l'oxyde de mercure. Des brosses, qui frottent sur les électrodes d'étain mobiles et en communication électrique avec le vase extérieur, enlèvent l'oxydule formé.

Lorsque l'installation est assez importante pour que la chaleur perdue du four suffise à l'échauffement des éléments, on doit obtenir pour ceux-ci un rendement de 0,85 d'après l'inventeur et de 0,90 d'après les essais du Dr Thurlimann et du Dr Beyenbach (Monadnock School of Assaying, Chicago). Suivant ce dernier, la consommation est de $1^{kg},35$ d'étain par cheval-heure. La force électromotrice est de 1,06 volt. Avec $6^{l},8$ de liquide, l'intensité du courant est de 23 ampères pour une résistance extérieure de 0,02 ohm. Suivant Thurlimann, 49,5 pour 100 de l'énergie chimique latente du carbone serait utilisables. Cette valeur serait de 66 pour 100 d'après Jone.

Beyenbach a constaté qu'il faut dépenser 150^{g} d'anthracite ou 255^{g} de charbon ordinaire pour régénérer $1^{kg},35$ d'étain.

Des perfectionnements récents ont été apportés aux éléments, d'après de nouveaux brevets : l'oxyde de mercure est régénéré par une substance immédiatement régénérable par l'oxygène de l'air; au lieu d'agitateur et de brosses, on emploie des dispositifs plus simples.

Les calculs de Jone, à propos du rendement, ne paraissent pas absolument exacts. Si l'on considère, en effet, d'après les données précédentes, qu'on dépense 150^{g} d'anthracite pour 0,746 kilowatt-heure, soit pour 645^{cal}, on trouve seulement d'utilisable 36 à 43 pour 100 de l'énergie du charbon, puisque la chaleur de combustion de cette quantité de charbon est de 1500^{cal} à 1800^{cal}.

C.-J. Reed [1] fait remarquer que la réduction de l'oxydule d'étain ne peut guère se faire ici plus économiquement que dans les fonderies d'étain. Si l'on considère, d'autre part, que la pile donne 23 ampères sous une force électromotrice de 1,06 volt, on en déduit une résistance totale de 0,046 ohm et, comme la résistance extérieure est de 0,02 ohm, la résistance intérieure devient $0,046 - 0,02 = 0,026$ ohm. Le rendement en énergie de la réaction chimique est donc au maximum égal à $\frac{0,02}{0,046} = 0,435$, sans compter la perte de chaleur, la consommation d'énergie pour l'agitation, la circulation et la régénération. La puissance de l'élément ne peut pas dépasser

$$1,06 \cdot 23 \cdot 0,435 = 10,6 \text{ watts}.$$

Pour obtenir 1 cheval-heure, il faut par conséquent 70,4 heures de fonctionnement pendant lesquelles il est consommé $6^{kg},5$ d'oxyde de mercure et $3^{kg},6$ d'étain. En y comprenant $8^{kg},6$ d'électrolyte, on voit que le poids total de produits chimiques est de $18^{kg},7$. L'encombrement de l'élément et du four est certainement plus de 3 fois celui de l'électrolyte, et vraisemblablement il doit atteindre

(1) *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, 15 février 1904, p. 44. — *Electrical Review*, Londres, t. LIII, p. 1019.

(2) Les produits de combustion du four de réduction sont utilisés pour produire de la vapeur dans une chaudière, ils échauffent ensuite un tambour horizontal avec serpentin dans lequel passe le nitrate de mercure; ils contournent encore les parois des éléments galvaniques et finalement échauffent dans un serpentin l'air nécessaire à l'oxydation de l'acide nitreux et à la marche du four.

(1) *Elektrotech. Ind.*, t. II 1904, p. 28.

5 à 10 fois ce dernier volume. Il doit être par conséquent de $2^{m^3},2$ à $3^{m^3},6$ par cheval. Encore faut-il y ajouter l'emplacement élevé nécessité par la régénération de l'acide nitrique, par la réduction de l'oxydule d'étain et par la réoxydation du mercure. Cette dernière opération n'est guère recommandable, car il faut compter consommer par cheval-heure $7^{kg},9$ d'acide nitrique de densité 1,422. Pour la réduction de $4^{kg},1$ d'oxydule d'étain, les expériences faites jusqu'ici indiquent une consommation de $5^{kg},4$ à $7^{kg},2$ de charbon; mais il faut compter 10 pour 100 de perte. Pour régénérer $7^{kg},8$ d'acide nitrique, les vapeurs nitreuses doivent absorber une quantité quadruple d'eau. Cette évaporation nécessite une consommation de charbon de 10 à 50 fois plus élevée que celle d'une machine à vapeur produisant 1 cheval-heure. Si donc on fait abstraction des pertes de matières pour ne considérer que les pertes en énergie, on trouve que le processus employé exige une consommation de 23^{kg} à 45^{kg} de charbon par cheval-heure.

Élément James H. Reid. — Dans cet élément, on produit l'énergie électrique par une oxydation lente des gaz combustibles. Le brevet américain 736016 du 17 mai 1902 [1] donne sur cet élément les détails suivants :

Un récipient métallique 2 avec borne 8 (*fig.* 1)

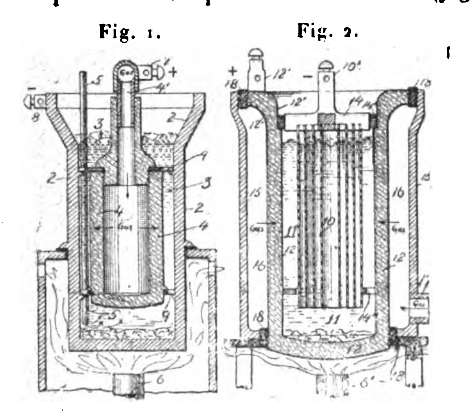


Fig. 1. Fig. 2.

contient l'électrolyte 3 (par exemple, une lessive alcaline à 200° C.) chauffé par le brûleur 6. Au milieu, sur un support isolant 9, se trouve une chambre 4 en charbon poreux qui ne laisse passer que les gaz et pas les liquides. Cette chambre est fermée à la partie supérieure où arrive le tube de gaz 4' avec borne 7. Par le tube 5, on peut envoyer à la partie inférieure de l'électrolyte du gaz ou de l'air. Dans la figure 2, le vase poreux en charbon 12 porte la borne 12'; ce vase est émaillé à la partie supérieure en 12"; il renferme l'électrolyte et est isolé en 18 du cylindre 15. A l'intérieur est suspendue une lame métallique perforée, plusieurs fois repliée 10. Cette lame est fixée à la tête 14, l'ensemble étant isolé du vase poreux par les supports isolants 14' et 14". Le gaz combustible arrive par la tubulure 17.

[1] *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. IV, p. 241.

Dans la figure 3, le vase en fer 20 est placé à l'in-

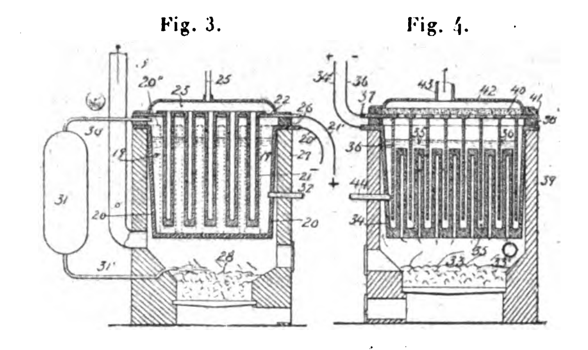


Fig. 3. Fig. 4.

térieur du four 27 avec foyer 28. Dans l'électrolyte 19, plongent les tubes de charbon 21 suspendus par la plaque 22. Le gaz arrive dans ces tubes par le canal 26 et la chambre 23, pendant que l'air est insufflé dans l'électrolyte par la tubulure 32. Les tubes de charbon sont entourés de tôles métalliques 20", perforées et reliées au vase 20. Les vapeurs et les gaz sortent par 30 et sont conduits au foyer par 31 et 31'.

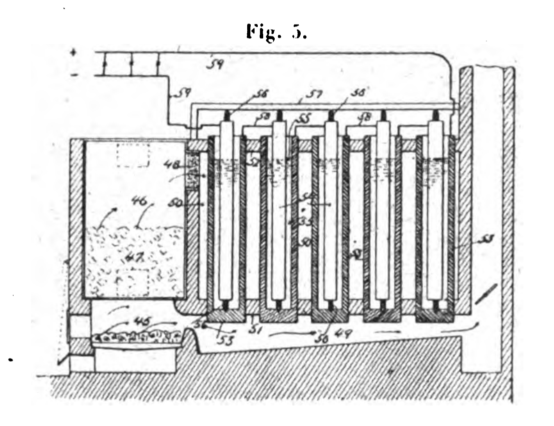
Lorsqu'on veut utiliser les gaz d'un foyer, on emploie le dispositif de la figure 4. Dans le four 39 à foyer de coke 33, se trouve un registre 33' que l'on ferme ordinairement après l'allumage. L'électrolyte 35 se trouve dans le vase en charbon 34 formé de tubes repliés. Une plaque 37 isolée en 38 porte les lames de fer 36. L'air arrive dans l'électrolyte par le tube 44. La pression du gaz est suffisante pour l'introduction de ce gaz dans les pores du vase. On peut d'ailleurs l'augmenter en mettant un chapeau 42 au-dessus de la plaque 37 et en reliant par 43 à une machine pneumatique.

La figure 5 montre une installation dans laquelle la production d'électricité se fait à la source même du combustible. Celui-ci 47 est distillé dans les cornues 46. Le gaz dégagé traverse une paroi poreuse 48 qui agit comme régulateur de pression, puis arrive dans la chambre 50 (avec fond 51 et couvercle 52) située dans le canal de combustion 49. Les vases poreux 53 renferment l'électrolyte 55 et les conducteurs métalliques 54 isolés du fond et de la tringle supérieure 57 par des isolateurs 56.

La figure 6 se rapporte à une grosse installation pour l'utilisation du gaz d'éclairage. 69 est le foyer, 60 la chambre de gaz qui entoure les vases poreux. On évite l'échauffement excessif en disposant un

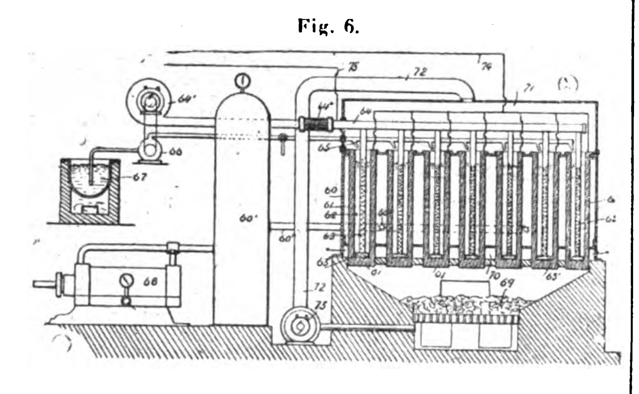
matelas d'air 70 entre le four et la chambre. Chaque tube 61 renferme l'électrolyte 62 et un tube métallique 63, perforé et monté sur isolateurs 63'.

Fig. 5.



Tous ces conducteurs sont reliés au tube 64 qui amène l'air du ventilateur 64'; 64" est un manchon isolant. L'électrolyte est envoyé du vase 67 par la

Fig. 6.

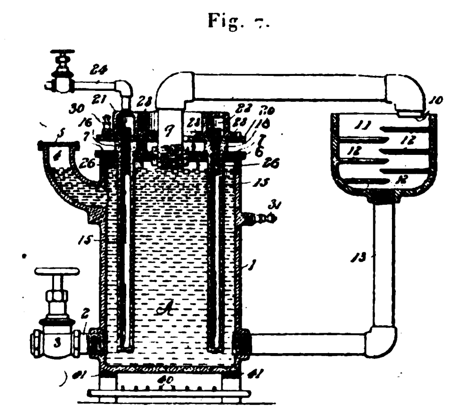


pompe 66 et le tube 65 dans les vases poreux. Le gaz d'éclairage est amené dans la chambre 60 par le compresseur 68 et le tube 60". Le gaz en excès est ramené par la pompe 73 au foyer 69. Les vases poreux sont tous reliés au pôle positif 74; les autres conducteurs, en communication avec le tube 64, forment le pôle négatif. Le charbon poreux est fabriqué au four électrique. Après 21 jours de fonctionnement, il ne présente aucun défaut au microscope. Comme électrolyte, on ne consomme que de l'eau qu'il faut rajouter de temps en temps. La consommation de combustible serait beaucoup moindre que dans les générateurs actuels d'énergie électrique.

Le brevet américain 736017 du 20 décembre 1902 se rapporte à une autre forme de ce même élément :

Le cylindre 1 (*fig.* 7) contenant l'électrolyte lessive alcaline, par exemple), chauffé à 200°C. environ, est isolé en 41 et porte la borne 31. Il est muni d'un tube d'écoulement 2 avec robinet 3. A la partie supérieure, le tube coudé 4, fermé par le couvercle 6, permet de remplir et d'observer. A travers le couvercle 6, fixé par des vis 7, passe un tube 9 deux fois recourbé et dont l'extrémité 10 débouche au-dessus d'un entonnoir 11, muni de

Fig. 7.



plaques en chicane 12. Le fond de cet entonnoir est relié à la partie inférieure du cylindre 1 par le tube 13. Dans le cylindre sont disposés les tubes en charbon poreux 15 qui traversent le couvercle 6. Sur chaque tube est placé un anneau métallique 20 avec petite ouverture. A ces tubes, sont fixés par des vis 23 des capuchons métalliques 21 en forme d'anneau, avec canal 22. Les extrémités des tubes 15 sont introduites dans ces capuchons par l'intermédiaire de petits tubes d'amiante 26 qui forment un joint hermétique. Le couvercle 21 porte la borne 30. Le tube d'amenée de gaz est isolé par une pièce en caoutchouc. Lorsque l'électrolyte renfermant une grande quantité d'oxygène est porté à la température voulue, on introduit le gaz sous pression par le tube 24 dans le canal annulaire 22; le gaz arrive ainsi aux tubes poreux 15 qu'il traverse. Aussitôt, l'électrolyte commence à écumer et vient par le tube 9 dans l'entonnoir 11 où il s'aère. Dans l'entonnoir 11, on introduit également de l'eau pour compenser les pertes.

D'après Reed [1], le fonctionnement de l'élément Reid serait dû uniquement aux actions thermo-électriques tout comme dans les éléments Jablochkoff, Archereau, Jacques, etc. Pour qu'il y ait réactions électrochimiques, il faut que les matières considérées soient conductrices. Par conséquent, un gaz non conducteur ne peut pas agir comme électrode à l'état gazeux s'il vient seulement en contact avec l'électrolyte ou avec les électrodes. Pour admettre

[1] *Electroch. Ind.*, t. II, 1904, p. 19.



que les gaz combustibles prennent part aux réactions électrochimiques, il faut démontrer qu'ils deviennent conducteurs par dissolution. En admettant qu'il en soit ainsi dans l'élément Reid, l'oxydation ne peut résulter que de H^2O, Na^2O et Fe^2O^3, dont les chaleurs de formation sont respectivement 69000^{cal}, 155900^{cal} et 197000^{cal}. Celles de CH^4, de CO^2, de CO et de FeO sont respectivement 20414^{cal}, 97650^{cal}, 29400^{cal} et 65700^{cal}.

Des 17 équations possibles, les suivantes seules produisent de l'énergie :

$$6H + Fe^2O^3 = 3H^2O + 2Fe,$$
$$2H + Fe^2O^3 = H^2O + 2FeO,$$
$$3CO + Fe^2O^3 = 2Fe + 3CO^2,$$
$$CO + Fe^2O^3 = 2FeO + CO^2.$$

La force électromotrice calculée d'après la première équation est égale à 0,07 volt. Les autres équations donnent des valeurs encore plus faibles. On peut en conclure que la force électromotrice de 0,9 volt donnée par l'élément Reid provient uniquement ou presque uniquement des actions thermo-électriques.

L. JUMAU.

Influence de la lumière sur la formation des accumulateurs, par D. TOMMASI (*Centralblatt f. Accumulatoren,* t. V, p. 25, 1er février 1904), et par G. ROSSET (*Idem,* p. 85, 15 avril 1904).

D. Tommasi a montré que la lumière favorise la réduction des plaques négatives. Il a pris pour cela 2 éléments absolument semblables contenant 2 positives et 3 négatives montées dans un bac en verre renfermant de l'eau acidulée. L'un de ces éléments (A) était exposé à l'action des rayons solaires; l'autre (B) était placé à l'abri de la lumière dans une caisse en carton bitumé.

Le poids de plaques de chaque élément étant de 2^{kg}, et la surface totale de ces plaques $3,9^{dm^2}$, on chargeait en tension A et B à une intensité de 2 à 3 ampères.

Pendant les 30 premières heures, on ne constatait aucune différence entre les deux éléments. Mais, à partir de ce point, les plaques négatives soumises à l'action de la lumière prenaient rapidement une teinte grise, ce qui prouvait qu'elles étaient plus avancées en formation que les négatives placées dans l'obscurité. La différence de teinte entre les négatives des deux éléments allait ensuite en diminuant pour disparaître complètement après formation complète, toute la matière étant transformée en plomb spongieux.

D. Tommasi a également recherché l'influence de la lumière sur la formation des positives et il a trouvé que l'obscurité favorise la peroxydation. Dans ses expériences, il montait deux éléments semblables aux deux précédents, mais renfermant 2 négatives et 3 positives. L'élément A_1 était soumis à l'action de la lumière tandis que B_1 était mis dans l'obscurité. Déjà, après 20 heures de charge à 2 à 3 ampères, on constatait que les positives à l'abri de la lumière possédaient une teinte plus foncée et par conséquent étaient plus peroxydées que les autres. Ici aussi la différence de teinte allait en diminuant pour disparaître presque complètement à la fin de la formation. Cependant les positives formées dans l'obscurité conservent une couleur un peu plus foncée que celles formées sous l'influence de la lumière qui sont brun rougeâtre. Cette différence subsiste encore pendant quelques charges et décharges, puis finit par disparaître. On observe aussi d'ailleurs que les négatives formées à la lumière sont de couleur un peu plus claire que les autres.

D. Tommasi n'a, par contre, constaté aucune différence dans la capacité des accumulateurs formés soit à la lumière, soit dans l'obscurité (1).

Georges ROSSET traduit par une même loi les deux phénomènes précédents en disant que l'obscurité favorise l'oxydation du plomb et par conséquent aussi la lumière favorise la réduction de l'oxyde de plomb. C'est là une loi générale qui est une conséquence des phénomènes d'équilibre chimique, et une application de la loi d'action et de réaction.

La lumière, qui est une manifestation positive de l'énergie, doit contribuer à déplacer l'équilibre dans le sens endothermique, c'est-à-dire, par conséquent, favoriser la réduction de l'oxyde de plomb. Au contraire, l'obscurité déplaçant l'équilibre dans le sens exothermique favorise l'oxydation du plomb.

Les capacités données par les plaques formées à la lumière et par celles formées dans l'obscurité ne peuvent différer l'une de l'autre, car la lumière n'influence pas l'état de porosité de la matière active

(1) M. U. SCHOOP fait observer dans *L'Eclairage électrique* du 30 avril 1904 (t. XXXIX, p. 167) que déjà en 1900 il avait signalé l'influence de la lumière sur les plaques peroxydées et qu'il est d'ailleurs probable que d'autres observateurs l'ont remarquée avant lui.

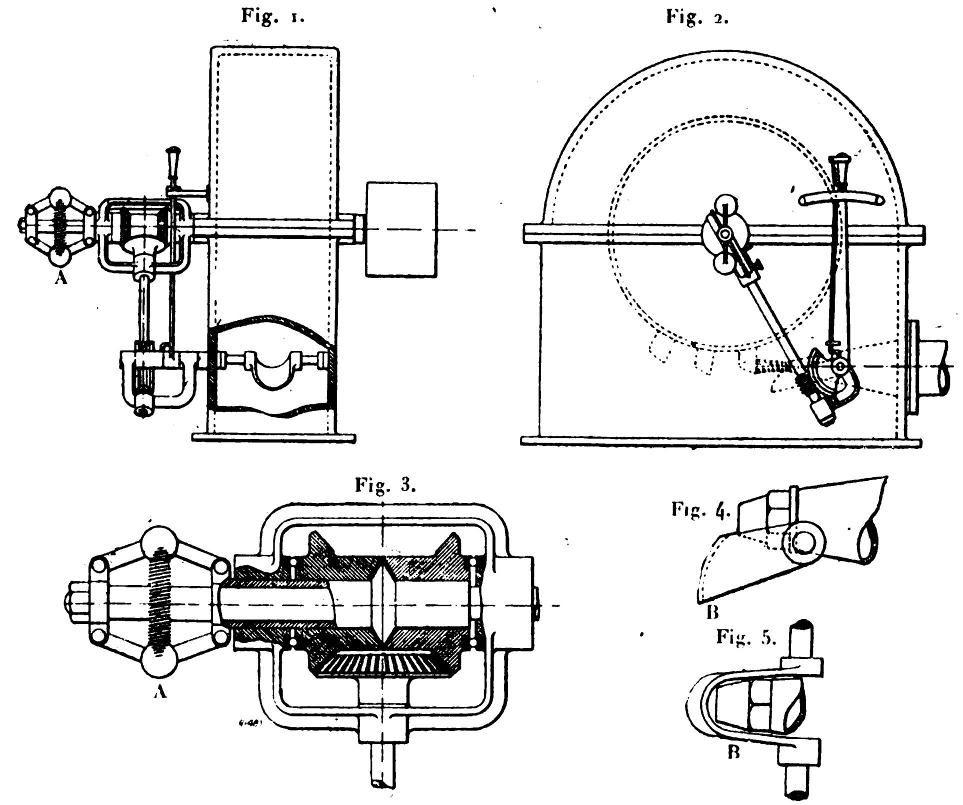
Ses expériences (*Elektrotechnischer Neuigkerts Anzeiger*, Vienne, 1900, p. 68, et *Centralblatt für Accumulatoren*, Berlin, 1900, n° 14) ont été faites de la manière suivante : une feuille de plomb, après avoir été peroxydée par le procédé Planté, était découpée en trois parties ; l'une d'elles était laissée dans l'obscurité, une autre à la lumière du jour et la troisième à la lumière solaire directe. Après quelques heures, on constatait que la couleur du peroxyde, noire d'abord sur les trois morceaux, était notablement modifiée sur les deux morceaux illuminés : à la lumière solaire, la couleur était passée au rouge fauve ; après plusieurs jours, l'effet de la lumière solaire ou de la lumière diffuse était plus manifeste encore.

ni la nature du plomb. Par conséquent, ni la constante d'équilibre ni la vitesse de réaction ne peuvent varier. L. J.

Régulateur Pitman pour roues Pelton.
(*Engineering*, t. LXXVII, p. 617, 29 avril 1904).

Ce régulateur est constitué par un appareil à force centrifuge A et par une pièce métallique B (*fig.* 4 et 5) mobile autour d'un axe horizontal devant le nez de la tuyère amenant l'eau : en relevant plus ou moins cette pièce métallique, on dévie une portion plus ou moins grande du jet, laquelle, au lieu d'aller frapper les augets de la roue, vient tomber dans l'enveloppe. Ce mode de régulation par déviation du jet n'a pas, comme la régulation par étranglement, l'inconvénient de donner lieu à des surélévations de pression dans la conduite d'alimentation, puisque le débit de celle-ci reste constant.

L'appareil à force centrifuge monté sur l'axe de



Régulateur Pitman pour roues Pelton.

la roue (*fig.* 1 et 2) commande la pièce déviatrice au moyen d'un manchon à deux pignons coniques (*fig.* 3) dont l'un ou l'autre (suivant que la vitesse est au-dessus ou au-dessous de sa valeur normale) engrène avec une roue conique agissant par vis sans fin (*fig.* 2) sur un secteur denté monté sur l'axe de rotation de la pièce déviatrice. Un loquet permet de supprimer la liaison du secteur et de l'axe, et d'effectuer alors la régulation à la main au moyen du levier visible en figure 2.

Des essais faits sur des roues Pelton faisant 2000 à 3000 tours par minute ont montré que l'accroissement de vitesse résultant de la suppression brusque de la charge ne dépasse pas 3 pour 100. H. P.

Procédé genre Planté pour la formation des électrodes positives, par Léon LEJEUNE. (Brevet allemand 150620 du 5 octobre 1902. *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, p. 100, 1er mai 1904).

Les éléments de formation sont remplis d'acide sulfurique à 3° B. ($d = 1{,}0212$) et, pendant le passage du courant, on introduit dans ce liquide de petites quantités d'un corps qui empêche la formation du peroxyde de plomb. Pour pouvoir être employé pratiquement, ce corps doit réunir les qualités suivantes : 1° être soluble dans l'eau et ne pas précipiter par l'acide sulfurique ; 2° réduire le peroxyde de plomb ; 3° ne contenir aucune substance capable de diminuer la durée des plaques ;

4° ne dégager aucun gaz nuisible à la santé des ouvriers; 5° être bon marché et ne nécessiter aucun traitement particulier qui contribuerait à compliquer la formation.

Parmi les corps réunissant ces conditions, on obtient des résultats particulièrement bons avec la glucose et l'acide oxalique. Ce dernier corps a déjà été préconisé; mais seulement en introduisant la quantité totale au début de l'opération, ce qui ne permet pas d'obtenir une épaisseur suffisante de matière active.

Si, par exemple, on veut former au moyen d'une addition de glucose les positives d'un élément d'une capacité de 360 ampères-heure, on opérera comme suit en consommant 1kg,8 de glucose.

Aussitôt que les plaques positives en charge montrent une coloration rouge, on ajoute 360g de glucose qui réduit le peroxyde en oxyde inférieur pendant que la tension de l'élément tombe de 2,5-2,6 à 2,2 volts. L'oxyde de plomb se laisse traverser par les gaz et ceux-ci peuvent alors agir sur la couche de plomb sous-jacent. La glucose ayant été consommée, la tension remonte et atteint à nouveau 2,5 à 2,6 volts après 24 heures; en même temps les plaques se recouvrent encore de peroxyde de plomb. On fait une nouvelle addition de 360g de glucose et les mêmes phénomènes se répètent. Après 5 additions semblables espacées de 24 heures, l'opération est terminée.

La plaque ainsi obtenue consomme seulement une charge de 20 à 50 heures au régime normal pour transformer son oxyde en peroxyde de plomb.

Si, au lieu d'ajouter le réducteur par petites fractions, on l'introduit tout d'un coup, il ne se forme pas de peroxyde de plomb, mais seulement l'oxyde inférieur, de sorte qu'il ne se produit qu'une seule augmentation de volume. La porosité est ainsi beaucoup moindre, et par la formation qui suit, dans l'acide sulfurique ordinaire, on n'obtient qu'une couche très faible de peroxyde.

En plongeant les plaques positives dans un bain d'acide nitrique, comme le recommandait Planté, en ajoutant un peu d'acide sulfurique à l'acide nitrique, on peut, conformément à la méthode indiquée, terminer la formation en 4 ou 5 jours, comme pour les plaques empâtées. L. J.

Perfectionnements dans la fabrication des électrodes pour éléments secondaires, par Carl Roderbourg. (Brevet anglais 11276 du 18 mai 1903. *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, p. 91, 15 avril 1904). — On fait une pâte en malaxant les sels de nickel avec de l'eau, puis on en garnit les supports. Les plaques ainsi constituées, séchées ou non, sont plongées dans une lessive alcaline qui transforme superficiellement les sels de nickel en hydrate d'oxydule. La couche dure formée à la surface protège les parties plus profondes d'une attaque trop rapide par l'alcali et empêche la matière de gonfler outre mesure et de se briser. Après formation de la couche superficielle, la plaque est oxydée électrolytiquement soit dans la même solution alcaline, soit dans une nouvelle lessive. L'oxydation se fait ici beaucoup plus rapidement que lorsque l'hydrate d'oxydule est produit d'une autre façon. La transformation du sel de nickel en hydroxyle se fait progressivement de l'extérieur vers l'intérieur et, par l'oxydation électrolytique résultante, il se produit une augmentation considérable du volume, de sorte que la matière active se comprime fortement contre son support et s'agglomère, ce qui lui donne une solidité comparable à celle de la pierre.

Comme la précipitation de l'hydrate fait rentrer en solution l'acide du sel, on doit renouveler cette solution pour constituer l'accumulateur. L. J.

Procédé de fabrication des électrodes d'accumulateurs, par F.-A. Feldkamp. (Brevet américain 748940 du 17 avril 1903. *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, p. 88, 15 avril 1904). — Une plaque de plomb est cousue dans une ou plusieurs couches d'une matière poreuse, par exemple toile, coton ou autre tissu que l'on traite par l'acide nitrique ou sulfurique. Sur cette substance on répand de la poudre de zinc de telle façon que tout le tissu en soit rempli jusqu'à la plaque. On trempe ensuite dans une solution d'acétate ou de nitrate de plomb. Il se forme du plomb spongieux et l'on obtient une couche très mince et extrêmement poreuse de matière active qui, solidement retenue par le tissu, ne peut pas se détacher. Après lavage à l'eau, on transforme en peroxyde. On peut aussi préparer les plaques en traitant spécialement chacune des couches de la substance poreuse avec de la poudre de zinc, en plongeant dans la solution de plomb et comprimant ensuite les différentes couches avec une plaque de plomb. Les plaques recouvertes des différentes couches de la substance poreuse peuvent aussi être trempées d'abord dans une solution de sel de plomb puis dans l'acide sulfurique étendu. Sur la couche de sulfate de plomb ainsi formée, on répand de la poudre de zinc et l'on plonge dans une solution de chlorure de sodium dans laquelle le sulfate de plomb se transforme en plomb spongieux. Au lieu d'un tissu, on peut employer également du papier carbonisé, du papier buvard, du bois, certaines sortes d'herbes, du charbon finement pulvérisé, etc. L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : Allison. BP. 3847, 1904 (dynamo). — Appleyard. BP. 4781, 1903 (enroulement). — Brown, Boveri et Cie. BP. 26274, 1903 (ventilation de dynamos); DRP. 151797 (régulateur pour dynamo). — Carolan. BP. 9811, 1903 (enroulement). — De Kayser. BP. 5560, 1904 et DRP. 151981 (enroulement). — Geisenhoner. USAP. 756954, 13 sept. 1902 (attache de bobine de champ) — General Electric Cy. BP. 6486, 6500, 6501, 1903 (induit, dynamo, enroulement). — Hasslacher. DRP. 150367, 1er déc. 1901 (compoundage de générateurs asynchrones). — Heinrich. BP. 27213, 1903 (enroulement). — Heyland. BP. 8831, 1903 (compoundage d'alternateurs synchrones). — Lake. BP. 12409, 1903 (balais). — Lienemann. DRP. 151890 (refroidissement des bobines de machines). — Lippelt. USAP. 756793, 13 janv. 1903 (machine d'induction). — Magneta Aktiengesellschaft. BP. 24310, 1903 (inducteur). — Mavor, Grafton et Coulson. BP. 4077, 1903 (induit). — Muller. BP. 22673, 1903 (régulateur pour dynamo). — Nelson. USAP. 756045, 13 juil. 1903 (dynamo compound). — Parsons. DRP. 152107 (armature pour courant continu). — Porsche. BP. 5561, 1903 (dynamo). — Saarbrucker. DRP. 151887 (enveloppe pour dynamo). — Slee. USAP. 757357, 8 sept.

1903 (porte-balais). — VERANY. BF, 339577. 13 janv. 1904 (magnéto permanente à deux enroulements inducteurs auxiliaires). — WHITNEY. BP. 4413, 1903 (captation et utilisation de l'électricité se trouvant dans l'éther interplanétaire).

Machines transformatrices. — *Transformateurs* : D'ARSONVAL. BF. 339536, 12 janv. 1904 (dispositif applicable aux appareils de haute fréquence destiné à souffler l'arc à l'éclateur). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 6484 et 6488, 1903. — HALL. USAP. 755766, 29 sept. 1902. — LAHMEYER. BP. 17022, 1903 (variation de la self-induction des bobines d'induction). — POULSEN. BF. 338725, 1er déc. 1903 (dispositif pour produire des courants alternés de haute fréquence). — SCHMIDT. USAP. 755800, 19 sept. 1902. — *Survolteurs* : HEWLETT. USAP. 756167, 20 oct. 1902. — LAMAR LYNDON. USAP. 757405 et 757406, 21 août 1902. — *Convertisseurs rotatifs* : HEWLETT. USAP. 756960, 24 juil. 1899. — POTTER. USAP. 755791, 17 sept. 1903. — *Redresseurs* : DORIDOT. BF. 339445, 11 janv. 1904. — WEINTRAUB. BF. 24500, 24501, 24502, 1903. — *Condensateurs* : COMITÉ D'INITIATIVE POUR LA FABRICATION DE PRODUITS NITRIQUES. BF. 339505 et 339506, 11 janv. 1903; DRP. 152261. — GUILLAUME. BP. 4698, 1904. — MOSCICKI. BP. 1307 et 1308, 1904. — TROY. USAP. 756991, 19 juil. 1902.

Piles : GESMANN. BP. 12578, 1903. — GROETCHER. DRP. 152230. — PORTALIER. BP. 5891, 1903. — RYFFEL. BF. 339429, 6 janv. 1904. — SCHŒNMEHL. USAP. 757355, 22 nov. 1899. — SWAN. USAP. 757422, 22 juil. 1903. — SUSK. DRP. 151680.

Accumulateurs : ATWOOD ELECTRIC CY. BP. 28057, 1903. — BIJUR. BP. 23120, 1903. — CANCE. BP. 8676, 1903. — DIAMANT. BP. 6954. — EDISON. DRP. 152177. — ELIESON. USAP. 755642 et 755643, 16 oct. 1903; BP. 1187, 1904. — FENNEL et PERRY. BF. 339566, 13 janv. 1904. — FROST. USAP. 757396, 9 fév. 1904. — HEYM. BP. 10728, 1903. — HICKING. BF. 339396, 7 janv. 1904 (appareil de nettoyage). — HUTCHISON. USAP. 755669, 5 mai 1904. — MEYGRET. USAP. 756176, 29 mars 1904. — RODERBOURG. BP. 11276, 1903. — WHATMAN. USAP. 757164, 2 juil. 1903.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Résistance du sol et des prises de terre, par W.-MOON. (*The electrical Review*, Londres, vol. LXIV, 18 mars 1904, p. 485-486; 25 mars 1904, p. 526-527).

L'auteur a mesuré la résistance spécifique des divers produits que l'on peut rencontrer dans le sol. L'eau de pluie fraîchement recueillie a 12000 ohms-centimètre, mais l'eau de rivière n'a que 2130 ohms-centimètre et l'eau de mer seulement 330 ohms-centimètre. L'argile est la substance qui a la conductibilité la plus grande, supérieure même à celle de l'eau et indépendante de son état de siccité: 900 ohms-centimètre environ pour l'argile pure de Londres. La craie a 1900 ohms-centimètre, le sable ordinaire 19000 ohms-centimètre : les mélanges de sable et d'argile ont des résistances intermédiaires entre celles des deux composantes. La résistivité des matières dures, mesurée toujours après immersion d'une journée dans l'eau, varie entre 8000 ohms-centimètre pour certaines pierres tendres et 50000 ohms-centimètre pour le granit. La présence de minerai métallique augmente beaucoup la conductibilité du terrain.

Connaissant la résistance spécifique ρ d'un échantillon de sol, on pourrait calculer la résistance d'une terre si l'on connaissait la forme et les dimensions de la portion du sol traversée par le courant. Si l'on suppose la prise de terre constituée par une demi-sphère de rayon r noyée dans un sol indéfini, on trouve pour la résistance $\frac{\rho}{2\pi}\frac{1}{r}$; si on la suppose constituée par un cylindre de rayon r et de longueur l plongé dans une couche d'épaisseur l_1 limitée par des couches non conductrices, on trouve $\frac{l}{2\pi l}\log_e\frac{l_1}{r}$. En pratique, la résistance d'une prise de terre doit être comprise entre les valeurs données par ces expressions.

D'après ces formules et les chiffres précités la résistance la plus faible que puisse donner une plaque de 75^{dm^2} est de $\frac{3}{4}$ d'ohm dans l'eau de mer, 3 ohms dans de l'argile pure, 10 à 15 ohms pour des mélanges d'argile et de sable et de 40 ohms pour des sables ou des pierres poreuses. Par la mesure directe de résistances de plaques de terre, l'auteur a trouvé comme valeur la plus faible 7 ohms et comme moyenne d'un grand nombre de mesures dans des sols divers, 15 à 20 ohms.

Pour ces mesures directes, faites au pont de Wheatstone, l'auteur a cherché à éliminer l'effet des forces contre-électromotrices dues à l'établissement du courant et à la polarisation par des inversions appropriées. CH. J.

Effets d'électrolyse dus aux courants de retour des réseaux de tramways, par ALBERT-B. HERRICK. (*Street Railway Journal*, t. XXIII, p. 516-521, 2 avril 1904).

Les méthodes employées, dans les principales villes des États-Unis, pour reconnaître les causes des phénomènes d'électrolyse qui se produisent dans les réseaux de tramways et pour leur porter remède, tel est le sujet de cet article.

L'examen des détériorations des conduites d'eau ou de gaz ne permet pas de reconnaître avec certitude si ces détériorations sont dues à l'électrolyse ou à la corrosion par le sol. L'auteur recommande pour cela le procédé suivant : on construit des manchons métalliques en deux parties, pouvant se boulonner sur le tuyau à essayer; le métal de ces manchons doit être à peu près de même composition que celui des tuyaux. La conduite ayant été mise à découvert sur une longueur d'environ 3m,50, on serre deux de ces manchons à un court intervalle l'un de l'autre. La surface intérieure des manchons et la surface extérieure de la conduite ont été soigneusement net-

toyées et amalgamées. L'un des manchons est directement en contact avec le tuyau, l'autre en est isolé par une feuille de caoutchouc ou tout autre isolant imperméable. On recouvre alors le tout et l'on refait le pavage. Au bout de six mois, on retire les manchons, on les nettoie avec une brosse de crin et de l'huile brute et on les pèse. Connaissant leur poids antérieur, on en déduit la perte de poids de chacun d'eux; si la perte du manchon en contact direct avec le tuyau surpasse celle du manchon isolé, c'est qu'il y a détérioration électrolytique.

Les Compagnies de tramways ont intérêt à faire cette détermination quand elles perfectionnent leur système de conducteurs de retour, sinon elles pourraient être tenues responsables de dommages qu'elles n'auraient pas causés. Il arrive souvent, en effet, qu'on ne s'aperçoive des dégâts qu'au bout de plusieurs années, et, dans ce cas, on les attribue au système actuel de retour du courant, quoiqu'il ait pu être perfectionné et ne plus donner lieu à l'électrolyse.

Les dangers de l'électrolyse pour les conduites dépendent de diverses conditions particulières que l'auteur examine.

On a remarqué que dans les villes où l'usine élévatoire des eaux et l'usine génératrice des tramways se trouvent voisines, les canalisations d'eau n'ont subi aucun dommage. L'explication est la suivante : la superficie couverte par un réseau de canalisations, les dimensions des tuyaux, par suite aussi les surfaces métalliques exposées à recevoir le courant, diminuent à mesure qu'on s'éloigne de l'usine élévatoire, de sorte que la résistance entre rails et tuyaux croît en même temps que la différence de potentiel et devient maxima avec elle. On constate aussi que, lorsque le courant circule des rails vers les tuyaux, la résistance qui lui est offerte est environ quadruple de sa valeur pour la circulation inverse, nouvelle raison pour que, dans la région éloignée des deux usines, le courant vagabond soit faible dans le cas actuel. Enfin, dans le voisinage de l'usine, la surface offerte à l'écoulement du courant vagabond dans la terre est très grande, de sorte que l'énergie dissipée par unité de surface est trop faible pour détériorer le métal.

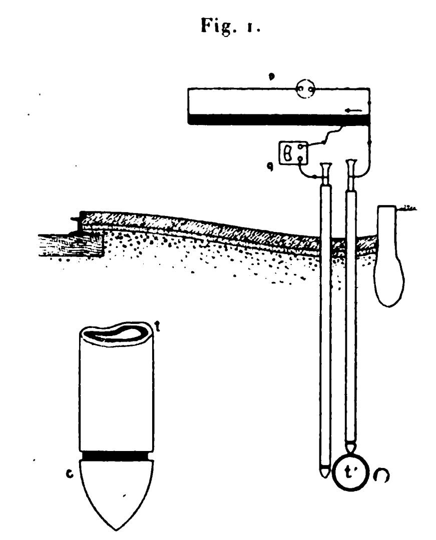
Si l'on mesure, dans le cas qu'on vient de considérer, la différence de potentiel entre rails et tuyaux, on trouve qu'elle est en moyenne beaucoup plus élevée que lorsque l'usine électrique et l'usine élévatoire sont situées en des points diamétralement opposés par rapport au centre de la ville. Cette circonstance aurait paru autrefois défavorable, mais on reconnaît aujourd'hui que les valeurs des différences de potentiel entre rails et tuyaux ont peu de signification, puisque, plus la résistance terrestre est grande, plus cette différence de potentiel peut s'élever.

Le pavage des rues protège aussi dans une certaine mesure les canalisations souterraines, s'il est imperméable à l'humidité, comme la brique et l'asphalte reposant sur une couche de béton. Dans ce cas, en effet, l'électrolyte voisin des tuyaux ne peut se renouveler et, quand ses éléments actifs ont été réduits, l'action chimique cesse. Elle ne reprend que si la différence de potentiel entre la surface du tuyau et l'électrolyte s'accroît jusqu'à 1,5 volt environ. A cette tension, l'eau se décompose et l'oxygène dégagé oxyde le tuyau, dont la surface se trouve ultérieurement protégée par la mince couche d'oxyde.

La différence de potentiel réellement agissante est celle qui s'établit entre la surface du tuyau et l'électrolyte qui l'entoure immédiatement; c'est sa valeur, et non celle de la différence de potentiel entre rails et tuyaux, qui détermine les effets d'électrolyse. Pour la mesurer, l'auteur indique la méthode suivante, la seule, selon lui, qui donne des résultats sûrs et concordants.

Trois conditions sont nécessaires à la réussite de l'opération : 1° ne pas remuer le terrain autour du tuyau; 2° l'instrument de mesure employé ne doit

Fig. 1.



Mesure de la différence de potentiel entre le tuyau et le sol voisin, par la méthode de Poggendorf.

p, pile. — *g*, galvanomètre. — *t*, tige de fer à enveloppe isolante. — *c*, pointe de cadmium. — *t'*, tuyau.

introduire dans le circuit aucune résistance qui troublerait la différence de potentiel normale entre l'électrolyte et la surface du tuyau; 3° la prise de terre ne doit introduire aucune force électromotrice locale. Pour remplir ces conditions, on se sert comme prise de terre d'une pointe de cadmium et

l'on emploie la méthode de Poggendorff. On équilibre ainsi la force électromotrice à mesurer par une autre force électromotrice de valeur connue (*fig.* 1), sans modifier en rien la première. On ne pratique dans le sol de la rue qu'une petite ouverture exactement au-dessus du tuyau et l'on y enfonce les deux tiges d'épreuve de façon que celle dont la pointe est en cadmium soit tout auprès du tuyau et l'autre en contact avec lui. On mesure alors la différence de potentiel comme l'indique la figure. Si l'on veut avoir la courbe des potentiels entre la surface du sol et le tuyau, on enfonce à diverses profondeurs la pointe de cadmium et l'on fait chaque fois une mesure.

Les compagnies de distribution d'eau et de gaz ont employé avec succès un grand nombre de procédés pour réduire l'intensité du courant vagabond. Il faut d'abord reconnaître si le courant est dérivé du rail vers les conduites par un contact métallique : c'est ce qui arrive parfois sur les ponts en fer. Dans ce cas, on isole le tuyau de tout contact avec la charpente du pont par du bois ou tout autre isolant assez résistant au point de vue mécanique. Dans les débuts de la traction électrique, on établissait exprès entre rails et tuyaux des connexions métalliques, dont beaucoup existent encore aujourd'hui ; il faut naturellement couper celles qui se trouvent dans des régions où le courant circule des rails aux tuyaux. Quant à la manière de découvrir ces connexions métalliques, l'auteur indique un procédé que nous décrivons en note ([1]).

On a réussi à éviter l'électrolyse en employant des joints isolants pour les conduites. C'est ce que font les compagnies du gaz à Cleveland et à Buffalo. A l'endroit du joint, on place autour du tuyau une garniture de caoutchouc par-dessus laquelle on enfile un manchon ; les deux tronçons de tuyau voisins sont ainsi isolés.

En plusieurs cas, où une grosse conduite d'eau se trouve juste au-dessous de la voie, on a placé entre la conduite et les rails une plaque de protection en fonte. Cette plaque étant reliée électriquement à la conduite, c'est sur elle et non sur la conduite que s'exerce l'électrolyse. On peut d'ailleurs relier une prise de terre quelconque à la canalisation et la placer beaucoup plus près des rails que les conduites : un courant d'une grande intensité se dissipera alors par cette prise de terre, au lieu de se dissiper par la surface des tuyaux.

On a constaté que là où coexistent plusieurs réseaux de conduites, il arrive que l'un d'eux draine le courant sur une vaste étendue et le transmette à un autre réseau. Ce transfert se fait parfois à travers le sol à un endroit où les deux réseaux sont voisins et des effets locaux d'électrolyse se produisent. On y remédie en reliant les deux réseaux par un conducteur métallique assez gros pour recueillir tout le courant qui circule entre eux.

Dans les conditions normales, le courant ramené à l'usine génératrice par les conduites est de 5 à 6 pour 100 du courant total. Mais ceci n'est vrai que s'il n'existe aucune connexion métallique entre le rail et les conduites. Cette proportion dépend aussi de la nature du sous-sol, de son drainage, de la nature du pavage et de la distance entre rails et tuyaux. Pour accroître la résistance entre les rails et les tuyaux, on pose, dans beaucoup de villes, une conduite de distribution de chaque côté de la rue et de chacune de ces conduites les branchements passent directement aux immeubles. On accroît ainsi la distance entre les rails et les tuyaux, et le courant recueilli par ceux-ci ne passe pas sous la voie ferrée par les branchements, ce qui produirait des effets locaux d'électrolyse.

Il est toujours très important de repérer les connexions par le sol qui peuvent exister entre rails et tuyaux et de déterminer leur conductivité comme dérivations du courant de retour. Pour cela, il faut comparer les variations d'un ampèremètre, monté de façon à mesurer le courant qui revient des conduites à la barre négative de l'usine, avec celles de l'ampèremètre principal. Si ces variations sont synchrones ou à peu près, et si, en outre, le courant dans le feeder relié aux conduites ne dépasse guère 5 pour 100 du courant total, on peut conclure que ce courant est dérivé des rails par la terre et non par des connexions métalliques entre rails et tuyaux. En comparant les variations de l'ampèremètre des courants dérivés successivement avec celles de l'ampèremètre de chaque feeder d'alimentation, on trouvera que, dans un ou deux feeders, l'intensité varie en synchronisme avec l'intensité des courants dérivés. Les rails dont ces feeders recueillent le courant sont ceux qui sont en connexion métallique avec les conduites. Au moyen du chariot balayeur dont on a parlé plus haut, on trouvera la situation exacte de ces connexions. On peut réduire ces inconvénients en accroissant la conductibilité des rails.

([1]) On fait traîner sur la voie des balais métalliques montés sur un truck séparé dont les deux roues sont isolées l'une de l'autre. Il y a deux balais pour chaque rail et la pratique habituelle est de les placer à une distance de 1m,20 l'un de l'autre et de les relier à un millivoltmètre. La direction normale du courant dans le rail est vers l'usine génératrice, mais là où existe une connexion métallique entre le rail et un tuyau, donnant lieu à une dérivation vers le tuyau, le courant dans le rail est de sens contraires de part et d'autre du point de connexion. Les points de liaison des feeders de retour aux rails donnent, il est vrai, les mêmes indications que les connexions métalliques entre rails et tuyaux, mais la situation de ces points est connue du personnel.



Le système le plus employé pour protéger les conduites est celui qui consiste à y recueillir le courant par des câbles métalliques reliés à l'usine. Cette méthode a donné de bons résultats dans un grand nombre de réseaux des États-Unis; mais elle n'a pas toujours été intelligemment appliquée. Certaines précautions s'imposent : il faut d'abord étudier avec soin le réseau des canalisations, car il a été constaté que certaines grosses conduites peuvent former un système conducteur par lequel s'écoule la plus grande partie du courant, et c'est évidemment à celles-là qu'il faut relier le feeder, tandis que, dans bien des cas, on a choisi dans ce but un petit tuyau voisin de l'usine génératrice; ce tuyau étant de section trop faible pour l'intensité du courant qui y passe alors, une forte chute de tension s'y produit et la différence de potentiel ainsi créée peut amener des effets d'électrolyse. De plus, il est souvent peu recommandable de relier le feeder à une conduite très voisine de l'usine, car la résistance de ce feeder étant alors très faible, l'intensité normale du courant circulant dans la conduite serait accrue. Il faudra amener l'extrémité du feeder dans la région où les conduites sont sensiblement neutres par rapport aux rails et la relier à une des conduites maîtresses. Comme cette connexion pourrait élever à un point dangereux la différence de potentiel entre cette conduite et les canalisations voisines, il sera bon de relier entre elles par un câble de cuivre toutes les conduites de la place choisie.

On obtiendra des données très utiles, relativement à la distribution du courant dans les rails et les conduites, en faisant des mesures de différences de potentiel et en dressant une carte des courbes équipotentielles du réseau, aussi bien pour les conduites que pour les rails. P. L.

TRACTION.

Voiture pétroléo-électrique du North-Eastern Railway. (*Engineering*, t. LXXVII, 22 avril 1904, p. 572).

Beaucoup de trains de lignes de chemins de fer secondaires n'ont d'autre but que d'assurer la correspondance avec les express des lignes principales; ces trains, qui le plus souvent circulent aux premières heures du jour ou pendant la nuit, ne rendent presque aucun service au trafic local et constituent alors une charge onéreuse pour les Compagnies. Aussi celles-ci cherchent-elles, depuis plusieurs années, à assurer le service de la correspondance avec les grands express au moyen des voitures automobiles circulant isolément, voitures dont la conduite n'exige qu'un personnel restreint (généralement une seule personne), dont les frais d'exploitation et d'entretien sont beaucoup plus faibles que ceux des trains qu'elles sont destinées à remplacer.

De nombreux systèmes de voitures automobiles ont été essayés jusqu'ici. En France, en particulier, la Compagnie des chemins de fer du Nord a mis en service des voitures à accumulateurs, des voitures à pétrole et des voitures à vapeur. Tous ces systèmes présentent des avantages et des inconvénients qui dépendent des conditions locales. Pour profiter des avantages que présente la traction par moteurs électriques sans avoir les inconvénients inhérents à l'emploi des accumulateurs, la North-Eastern Railway Company, en Angleterre, vient de mettre en essai un système qui a déjà fait ses preuves sur quelques automobiles routières : production de l'énergie motrice par moteur à pétrole et utilisation de cette énergie sous forme électrique.

Les figures 1 et 2 donnent une coupe longitudinale et une vue en plan d'une des voitures pétroléo-électriques qu'elle a fait construire. Cette voiture a 14^m de longueur et $2^m,37$ de largeur; elle peut contenir 52 personnes et pèse 35 tonnes en ordre de marche, approvisionnement d'eau et de pétrole pour une journée compris. La machinerie occupe un compartiment de 5^m de longueur, dont les figures 3 et 4 montrent les coupes longitudinale et transversale; elle comprend un moteur à pétrole, une dynamo génératrice, une dynamo excitatrice et une petite batterie d'accumulateurs.

Le moteur à pétrole est à quatre cylindres horizontaux de 21^{cm} de diamètre et 25^{cm} de course, à double enveloppe refroidie par un courant d'eau qui traverse un radiateur refroidi lui-même par un courant d'air fourni par un ventilateur; ce moteur développe 80 chevaux à la vitesse angulaire de 420 tours à la minute.

La dynamo génératrice est montée directement sur l'arbre du moteur en arrière d'un volant de 90^{cm} de diamètre; elle est à excitation séparée et peut donner de 300 à 550 volts. Son excitatrice, placée au-dessus d'elle, est commandée par courroie; elle fournit du courant à 72 volts dont une partie est utilisée pour l'alimentation de 15 lampes à incandescence qui éclairent la voiture; sa tension peut d'ailleurs être élevée jusqu'à 95 volts pour la charge d'une batterie d'accumulateurs (placée sous la voiture) de 38 éléments et d'une capacité de 120 ampères-heure, servant au démarrage du groupe électrogène (la génératrice fonctionnant alors comme moteur) et assurant l'éclairage pendant l'arrêt du groupe.

Les combinateurs, au nombre de deux, placés respectivement aux deux extrémités du véhicule, sont du type ordinaire utilisé sur les tramways; ils

Fig. 1 et 2.

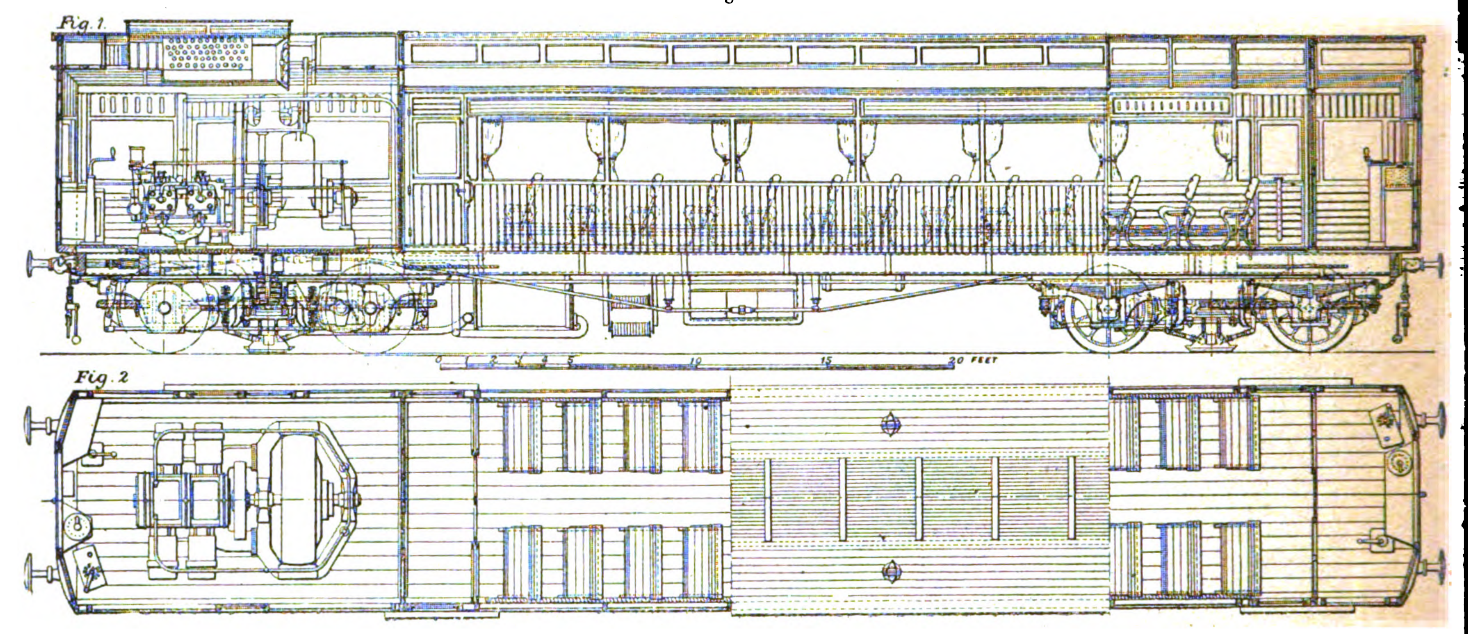


Fig. 3 et 4.

Fig. 3

Fig. 4.

Coupes et vue en plan de la voiture pétroléo-électrique du North-Eastern Railway.

permettent de mettre les moteurs de traction en série, puis en parallèle avec interposition ou mise hors circuit de résistances; lorsqu'ils sont dans la position correspondant à la pleine vitesse, on peut encore augmenter cette vitesse en agissant sur l'excitation de la génératrice, de manière à faire croître la différence de potentiel aux bornes de celle-ci depuis sa valeur normale de 400 volts jusqu'à 550 volts : la vitesse atteint alors 58 km : h.

Des freins électro-magnétiques Westinghouse, mis en fonction par les combinateurs et utilisant le courant fourni par les moteurs de traction qui agissent alors comme génératrices, assurent l'arrêt du véhicule.

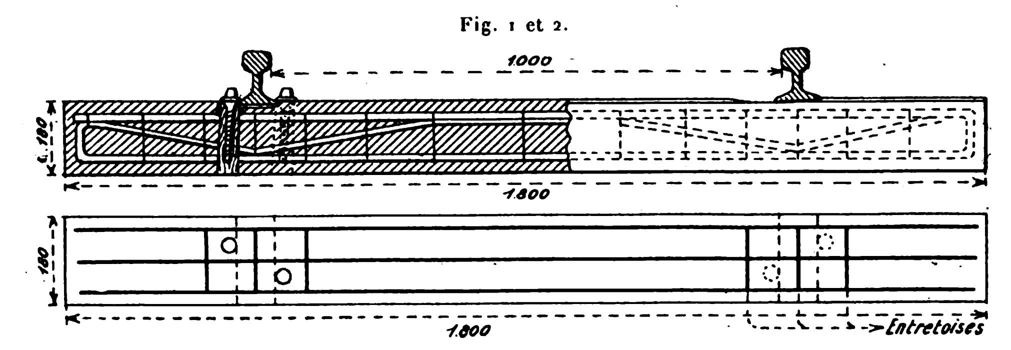
Cette voiture peut être intercalée dans les trains ordinaires. Dix minutes suffisent pour la mettre en mesure de se mouvoir d'elle-même. Quant à la consommation d'essence de pétrole qu'elle exige, il n'en est pas question dans l'article. T. P.

Traverses en béton armé. (*Génie civil*, t. XLIV, p. 401, 23 avril 1904).

Les figures 1 et 2 représentent, en élévation et en plan, un modèle de traverse en ciment armé mis en en essai depuis plus d'un an sur le chemin de fer de Voiron à Saint-Béron (Isère et Savoie).

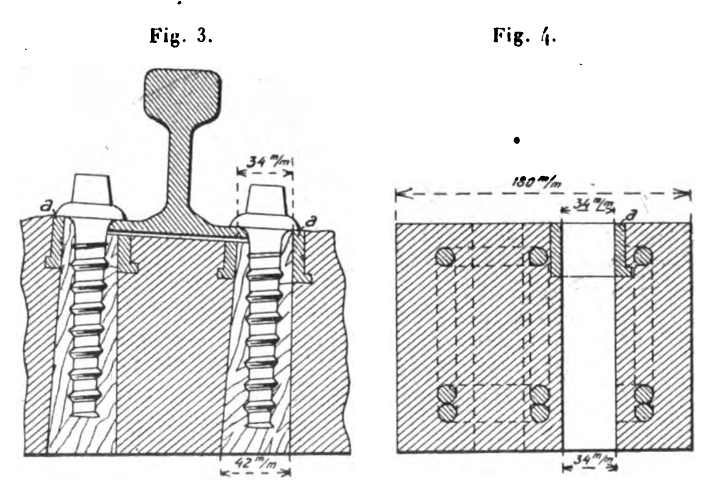
Cette traverse, pour voie de 1^m, mesure $1^m,80$ de longueur, $0^m,18$ de largeur et $0^m,14$ d'épaisseur; elle comporte un sabotage comme les traverses en bois. Elle est formée d'une armature composée de trois petites fermes entretoisées horizontalement aux abords des trous de tire-fond; chaque ferme est constituée par une seule barre d'acier pliée comme l'indique la figure 1; lors du moulage de la traverse, on a soin qu'il y ait une couche de mortier d'au moins 15^{mm} sur la partie la plus saillante des fers.

Fig. 1 et 2.



Élévation et plan d'une traverse en ciment armé.

Fig. 3. Fig. 4.



Attache et trou de tire-fond.

Les trous de tire-fond (*fig.* 3 et 4) sont frettés par des spirales en fil de fer et sont garnis, à la partie supérieure, de bagues métalliques *a*. Des chevilles en bois dur, coincées au maillet dans ces trous, servent au vissage des tire-fond. Lors de la pose des

rails, on interpose sur le sabotage, entre le rail et le ciment, une petite selle en bois ou en feutre comprimé pour amortir les vibrations.

Une telle traverse pèse 105^{kg}; elle coûte 4^{fr},50, soit environ une fois et demie le prix d'une traverse de chêne, mais selon toutes prévisions sa durée sera quatre à cinq fois supérieure. Des essais mécaniques ont montré qu'une traverse, supportée en son milieu par un couteau, les deux extrémités étant libres, résiste à la charge d'un essieu jusqu'à 4800^{kg}.

H. P.

Le coût de l'électrification des chemins de fer, par F.-F. BENNETT. (*Electrical Review*, Londres t. LIV, 1er avril 1904, p. 563-564). — Extrait d'une Communication faite le 10 mars 1904 à l'Institution of Electrical Engineers). — L'auteur, en faisant diverses hypothèses, calcule ce que coûterait l'électrification de tous les chemins de fer de Grande-Bretagne. Il trouve une dépense de premier établissement de 3,75 milliards de francs et une dépense d'exploitation par tonne-kilomètre de 0^{fr},55. Il estime ensuite qu'avec un capital double, soit 7 milliards de francs, on pourrait tripler les recettes, à cause du grand développement que prendrait le trafic à voyageurs et même à marchandises, par suite de l'augmentation de la vitesse et du nombre des trains. Le revenu du capital engagé dans les chemins de fer, qui est actuellement pour l'ensemble du Royaume-Uni de 3,27 pour 100 (d'après les statistiques de 1901), se trouverait porté à 5,1 pour 100. — Dans la discussion qui suit cette communication, M. SAYERS fait observer que les calculs de M. Bennett reposent sur des hypothèses erronées ou incertaines et ne peuvent que donner au monde des chemins de fer une idée fausse de l'opinion des ingénieurs électriciens sur l'électrification des chemins de fer. — M. JACOMB-HOOD, du London and South Western, estime que M. Bennett a pris des chiffres trop faibles pour les dépenses d'exploitation des chemins de fer électriques, mais que, toutefois, la traction électrique peut conduire à une dépense d'exploitation peut-être légèrement inférieure à celle des trains à vapeur, que l'on connaît exactement et qui s'élève, pour l'ensemble de 11 compagnies, à 0^{fr},80 par tonne-kilomètre. C. J.

ÉCLAIRAGE.

Maximum relatif de la lumière émise dans une direction déterminée par un arc à courants continus, par E. RICHTER. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 90-91, 4 février 1904).

Pour rendre une direction privilégiée, on place les charbons dans une position anormale; ou bien leurs axes en restant parallèles sont écartés l'un de l'autre, ou bien ils sont inclinés l'un vers l'autre.

Pour apprécier l'utilisation de la lumière dans la direction privilégiée, l'un des meilleurs procédés consiste à mesurer la grandeur de l'image projetée par le cratère dans cette direction.

Cette méthode est justifiée par les propriétés du cratère, tel qu'il se forme sur un charbon homogène, Abstraction faite de quelques taches qui se produisent de temps à autre, ce cratère est une surface nettement délimitée, d'éclat tout à fait uniforme, à l'émission de laquelle on peut appliquer la loi du cosinus. D'autre part, dans les conditions actuelles, ce cratère est la seule région d'émission, la pointe du charbon négatif se trouvant toujours masquée. L'intensité lumineuse est alors proportionnelle à la surface du cratère : cette surface varie quelque peu avec l'intensité du courant. Une série de mesures auxiliaires permet de déterminer la correction nécessaire pour rapporter les résultats à une intensité normale de 30 ampères.

A chaque inclinaison sur la verticale des axes des charbons correspond une valeur du déplacement latéral de ces deux axes qui fournit un maximum d'intensité. Ce maximum est supérieur à la quantité de lumière qu'émettraient les charbons inclinés du même angle, mais avec leurs axes dans le même plan.

Les mesures ont fourni les résultats suivants :

Angle d'inclinaison	15°	20°	25	30°	35°	40°
Maximum d'intensité	2,41	2,07	1,69	1,47	1,26	1,14
Intensité dans la position normale	1	1	1	1	1	1

En valeur absolue, les maximums augmentent un peu quand l'angle des charbons se rapproche de l'angle droit et que le déplacement latéral augmente en même temps dans la proportion correspondante. Mais, à partir d'une certaine valeur de ce déplacement, $\frac{7}{10}$ environ du diamètre du charbon positif, il est difficile d'empêcher l'arc de siffler.

M. L.

ÉLECTROCHIMIE.

Sur l'oxydation électrolytique des sulfites et sur la formation électrochimique des dithionates, par A. FRIESSNER. (*Zeitschrift fur Elektrochemie*, t. X, p. 265, 22 avril 1904).

D'une longue étude sur cette question, l'auteur tire les conclusions suivantes :

1° Lorsqu'on électrolyse des solutions neutres et alcalines de sulfites alcalins, il ne se produit aucune réduction à la cathode. A l'anode il n'y a pas de dégagement d'oxygène pour les densités moyennes de courant. L'oxygène est absorbé dans la transformation du sulfite en sulfate. En outre, il peut se produire aussi, dans certaines conditions déter-

minées, du dithionate d'après l'équation

$$2\bar{SO^3} + 2\bar{OH} + 2\overset{+}{H} + 2(+) = S^2O^6 + 2H^2O$$

de laquelle il résulte que l'alcali se formant à la cathode doit rentrer dans l'électrolyte avec le dithionate produit à l'anode ;

2° En solution acide et en solution de bisulfite, on n'obtient, dans aucune condition, le dithionate à l'anode; mais uniquement le sulfate;

3° En électrolysant sans diaphragme un bisulfite, on n'obtient, outre le sulfate à l'anode et l'hydrosulfite à la cathode, du thiosulfate vraisemblablement formé aussi à la cathode;

4° La formation électrolytique du dithionate à la température ordinaire se fait sous un potentiel anodique supérieur à celui nécessité par la formation du sulfate;

5° Ce potentiel nécessaire pour la formation du dithionate peut être obtenu de la façon la plus sûre en polarisant préalablement les anodes platinées dans une lessive de soude; ce potentiel se maintient déjà avec les densités modérées de courant. En employant de très hautes densités de courant, le rendement en dithionate peut devenir nul par suite de la formation d'acide à l'anode;

6° Plus le potentiel anodique, obtenu par polarisation préalable, est élevé et est plus grand le rendement en dithionate;

7° La formation du dithionate se produit toujours avec les anodes polies et recuites;

8° Avec l'anode platinée, après dépolarisation cathodique ou chimique, il ne se produit pas de dithionate à la température ordinaire;

9° L'élévation de température favorise la formation du dithionate dans les conditions où, à la température ambiante, il ne se produit que du sulfate;

10° L'anode en platine poli permet encore d'obtenir le dithionate à une température inférieure à 0° C.;

11° Les concentrations variables en sulfite n'exercent aucune influence essentielle sur le rendement en dithionate;

12° La formation électrochimique du dithionate est comparable à celle des persulfates et des percarbonates;

13° Le fait que le dithionate ne peut se produire à l'anode qu'en solution alcaline provient de ce qu'il n'y a que les ions $\bar{SO^3}$ qui forment ce dithionate; les procédés purement chimiques d'obtention de ces sels sont en accord avec cette explication;

14° Les solutions pures de dithionate ou d'acide libre ne sont transformées à la cathode sous aucune condition. A l'anode, il se produit une oxydation en sulfate qui atteint au plus 3 pour 100.

L. JUMAU.

MESURES.

Élément normal Daniell pour les laboratoires techniques, par GEORGES ROSSET. (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, p. 86 et 97, 15 avril et 1er mai 1904).

On sait qu'en pratique l'élément normal le plus employé est l'élément Daniell. L'étalon Latimer Clark, en effet, demande des méthodes très sensibles et dans lesquelles on évite avec le plus grand soin de faire débiter l'élément, afin d'empêcher sa polarisation. En un mot, ce dernier élément s'emploie dans les laboratoires scientifiques et l'élément Daniell dans les laboratoires techniques.

L'auteur rappelle comment varient, pour la pile Daniell, la force électromotrice et le coefficient de température en fonction de la concentration des solutions (¹). L'influence de la température est très faible, et elle devient nulle pour une certaine concentration de sulfate de zinc ($7^g,5$ $ZnSO^4 + 7H^2O$ dans 100^g d'eau) et pour une solution de sulfate de cuivre saturée à 15° C.

Mais cette dernière concentration n'est pas recommandable, car, par refroidissement, le sel cristallise et il ne se redissout ensuite que très lentement. D'autre part, la concentration en sulfate de zinc est alors trop faible, et comme en ce point la force électromotrice varie beaucoup pour de faibles variations de la concentration, on peut faire de plus grosses erreurs qu'en choisissant une solution de sulfate de zinc plus concentrée et en négligeant le coefficient de température.

En pratique, si l'on ne prend pas la précaution d'employer un type bien déterminé d'élément et de renouveler les solutions au moment de la mesure, on a de nombreuses causes d'erreurs dues à la diffusion, à la dilution, à l'attaque du zinc et à la précipitation du cuivre.

L'auteur évite ces causes d'erreur d'une manière très simple en employant des solutions équimoléculaires des deux sulfates et en les séparant par une membrane semi-perméable en ferrocyanure de cuivre qui maintient la concentration de ces deux solutions. La théorie et l'expérience montrent que dans ces conditions la force électromotrice de l'élément et aussi son coefficient de température restent constants quelle que soit la concentration absolue des deux solutions pourvu que celles-ci restent équimoléculaires.

Les résultats suivants ont été obtenus avec des solutions équimoléculaires séparées par une membrane en ferrocyanure de cuivre :

(¹) *L'Éclairage électrique*, t. XXX, p. 328, 1er mars 1902; t. XXXIV, p. 156, 31 janvier 1903.

MOLÉCULES-GRAMMES par litre de solution.	SULFATE DE CUIVRE dans 100g de solution.		SULFATE DE ZINC dans 100g de solution.		FORCE électromotrice φ à 15° C. en volts.	COEFFICIENT de température $\frac{d\varphi}{dT}$.
	Hydraté à 5 H^2O.	Anhydre.	Hydraté à 7 H^2O.	Anhydre.		
1,348	28	17,89	32	17,95	1,105	—0,0002
1,000	21,56	13,78	24,82	13,93	1,104	—0,0002
0,750	16,69	10,66	19,21	10,78	1,106	—0,0002
0,500	11,52	7,36	13,26	7,44	1,104	—0,0002
0,250	5,93	3,79	6,85	3,84	1,105	—0,0002
0,125	3,03	1,94	3,49	1,96	1,093	—0,0002
0,0625	1,53	0,97	1,76	0,99	1,087	—0,0002

Ce Tableau montre qu'on peut prendre en pratique la valeur 1,10 volt qui correspond sensiblement à la valeur 1,099 volt indiquée par Fleming Jenkin pour des solutions de même concentration (densité 1,2). Le coefficient de température est si faible qu'on peut le négliger en pratique. Les deux dernières mesures montrent que la polarisation commence pour les solutions très étendues. D'autre part, on a intérêt à ne pas employer des solutions trop concentrées et par conséquent à s'éloigner du point de saturation du sulfate de cuivre (le moins soluble des deux sulfates) pour éviter la cristallisation du sel lors d'un abaissement de température.

On donne à la paroi semi-perméable de ferrocyanure de cuivre un support solide en la produisant à l'intérieur de la paroi d'un vase poreux ordinaire. Dans ce but, on paraffine la partie supérieure de ce vase poreux, on le plonge ensuite dans l'eau pour expulser l'air des pores, puis on le remplit d'une solution faible de ferrocyanure de potassium (environ 4 pour 1000) et enfin on le porte dans une solution étendue de sulfate de cuivre (environ 16 pour 1000). Pendant cette opération, on a soin de ne laisser aucune bulle d'air sous le fond du vase et l'on s'arrange pour que le liquide circule librement. Selon la porosité plus ou moins grande de la matière, il faut de 24 à 72 heures pour constituer la membrane. Au niveau de la partie paraffinée, on la distingue sous la forme d'une ligne brune très mince. Il n'y a d'ailleurs pas d'inconvénient à prolonger le trempage, la pellicule ne pouvant plus ensuite augmenter d'épaisseur, puisque, par sa nature semi-perméable, elle empêche les solutions de traverser et, par suite, de réagir entre elles. Un déplacement très important du niveau des deux solutions dont les concentrations indiquées ne sont pas équimoléculaires montre bien du reste que la membrane est semi-perméable. L'eau seule, en effet, la traverse pour rétablir l'équimolécularité des deux solutions.

L. JUMAU.

Pont de Wheatstone protégé, par G.-A. CAMPBELL. (*Electrical World*, t. XLIII, p. 647, 2 avril 1904).

Lorsqu'on fait des mesures de résistances, de capacité ou d'induction avec un pont de Wheatstone et un téléphone, ou un dispositif équivalent, et si l'on emploie des courants alternatifs de fréquence élevée, 2000 périodes par seconde ou plus, la capacité propre des instruments et leur induction mutuelle interviennent et faussent les mesures. M. Campbell propose de placer chaque partie de l'instrument employé dans une cuirasse protectrice appropriée et il étudie les conditions à remplir pour que les cuirasses à leur tour ne faussent pas les résultats.

Pour éviter l'induction causée par le champ magnétique variable des bobines de self-induction, il faut employer des enveloppes magnétiques assez épaisses, mais l'auteur considère cette disposition comme inutile; il préfère donner aux bobines de self-induction la forme d'un tore, de façon à n'avoir pas de champ extérieur.

Pour parer aux effets de capacité électrostatique on peut employer des enveloppes en métal quelconque, peu épaisses puisque l'effet à produire est très faible. Une bobine de résistance, par exemple, peut être enfermée dans une enveloppe métallique entièrement isolée ou reliée à une des extrémités de la résistance. Dans le premier cas la capacité propre de l'enveloppe est indéterminée, tandis qu'elle est très bien définie dans le second.

La condition à remplir dans l'établissement de ces protections, c'est que la capacité propre de chaque cuirasse soit proportionnée à celle de la branche sur laquelle elle est placée.

Ce travail très abstrait, dont il est difficile d'estimer l'intérêt pratique, est résumé par l'auteur de la façon suivante :

Les bras de la balance (pont) sont protégés individuellement et collectivement, dans le but de rendre l'équilibre invariable et défini.

Des transformateurs sont introduits dans les branches du téléphone et dans celle des générateurs, de façon à permettre de protéger ces organes d'une façon pratique.

Les sommets du pont doivent être protégés et l'action des cuirasses extérieures proportionnée à celle de chaque branche, de façon à simplifier les calculs. H. A.

Action inductive de deux circuits d'oscillation électrique : application à la mesure des périodes, des amortissements, aux transformateurs Tesla, à la télégraphie sans fil, par P. DRUDE. (*Annalen der Physik*, t. XIII, p. 512-561, mars 1904).

Les conclusions de ce long article sont les suivantes :

1° L'amortissement individuel des deux circuits et la fréquence du résonnateur peuvent se déduire de l'observation simultanée des courbes de résonance relatives à l'effet total et à l'amplitude maximum.

2° La courbe de résonance est d'autant plus saillante que la liaison entre les deux circuits est plus faible; elle l'est plus pour l'effet total que pour l'amplitude maximum.

3° Le transformateur Tesla le plus efficace est constitué par une seule spire primaire, avec un grand nombre de spires secondaires; ces dernières doivent former une bobine dont la longueur et le diamètre sont dans un rapport déterminé : il reste à calculer exactement ce rapport. Le nombre des spires secondaires est limité par la nécessité d'avoir un isolement suffisant et de ne pas diminuer outre mesure la grosseur du fil. En outre la puissance de la bobine d'induction doit être d'autant plus grande que les spires secondaires sont plus nombreuses. Il faut diminuer autant que possible dans le primaire la self-induction inutile, c'est-à-dire celle qui n'agit pas sur le secondaire. Par suite, il faut prendre un gros fil primaire et régler la liaison entre le primaire et la bobine Tesla, de façon que les deux périodes simultanées des deux circuits soient dans le rapport de 1 à 2.

La capacité primaire doit être calculée de manière à mettre en résonance le primaire et la bobine Tesla; il faut éviter les décharges et les résidus. Comme condensateurs, on emploiera des lames de métal plongées dans le pétrole (à l'exclusion de l'air et du verre).

Si la liaison est faible, il faut que la capacité primaire soit la plus grande possible : il est indifférent que la bobine secondaire ait un grand nombre de spires de faible diamètre, ou un nombre plus petit de spires de grand diamètre.

Avec une liaison étroite, il y a avantage à augmenter le nombre des spires. L'effet du transformateur dépend peu de la différence de potentiel de l'étincelle.

4° Avec deux circuits faiblement liés, l'amortissement du primaire et du secondaire a une influence très marquée sur l'efficacité du transformateur : cette influence est beaucoup moindre quand la liaison est étroite.

5° Dans la télégraphie sans fil, on obtient la résonance la plus marquée (aux dépens de l'intensité), en prenant un récepteur et un transmetteur faiblement liés et peu amortis : il est préférable d'employer un indicateur d'ondes sensible à l'effet total.

6° Un récepteur à faible liaison et un transmetteur à liaison étroite ne permettent pas de réaliser une résonance nette. On ne peut accorder le récepteur sur le transmetteur que si celui-ci est à liaison très étroite. Les deux fréquences du transmetteur doivent être accordées l'une sur l'autre et celle du récepteur être $\frac{\sqrt{2}}{2}$ fois plus petite que leur valeur commune.

7° Lorsque le transmetteur et le récepteur sont identiques, l'intensité est plus grande et la résonance médiocre : cependant elle est meilleure relativement à l'effet total qu'à l'amplitude maximum. Le degré de liaison le plus favorable est celui qui a été indiqué ci-dessus (3°).

Si l'indicateur est sensible à l'amplitude maximum, l'effet dépend peu de l'amortissement : mais la résonance est moins bonne que ne la donne un indicateur sensible à l'effet total. M. L.

Sur un phasemètre, par le prof. A. GRAU. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 251, 31 mars 1904).

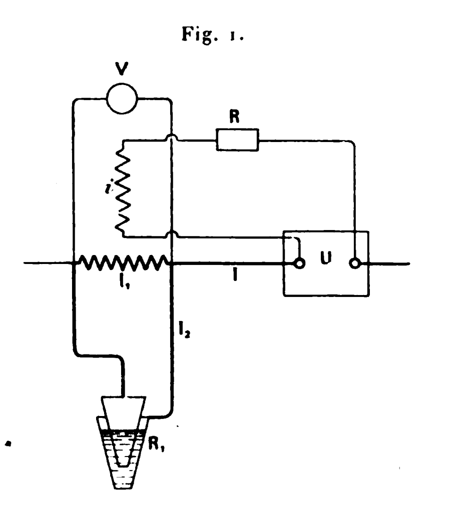
Afin de connaître l'intensité qui traverse la bobine *ampères* d'un wattmètre, l'auteur remplace cette bobine par une autre enroulée en fil ou en lame de manganin; il crée ainsi une chute de potentiel assez grande pour être mesurée à l'aide d'un millivoltmètre pour courant alternatif. Si l'on place en dérivation sur la bobine *ampères* une résistance liquide réglable (*fig.* 1), le courant I_2 qui traverse cette résistance n'est pas en phase avec le courant I_1 du wattmètre, de sorte qu'il est possible de faire passer dans l'appareil d'utilisation un courant quelconque, tout en faisant I_1 constant; le millivoltmètre sert à s'assurer que cette dernière condition est remplie.

Pour un voltage constant E_1, l'indication du wattmètre dépend de l'intensité, I_1 dans la bobine *ampères* et i dans la bobine *volts;* la déviation α est donnée par :

$$E_1 I_1 \cos\varphi = CR\alpha \quad \text{ou} \quad I_1 i \cos\varphi = C\alpha.$$

Supposons l'appareil disposé pour des valeurs constantes de I_1 et i, le facteur $\frac{C}{I_1 i}$ devient lui-même une constante et si, à l'aide du rhéostat à liquide R_1, on règle I_2 de façon à ce que I_1 atteigne la valeur

Fig. 1.



déterminée, la déviation α du wattmètre est proportionnelle à $\cos \varphi$, l'appareil est un phasemètre :

$$\cos \varphi = \frac{C}{I_1 i} \alpha.$$

L'auteur a ainsi transformé un wattmètre en phasemètre; la bobine fixe en manganin avait 0,303 ohm; pour 107 volts la constante $\frac{C}{I_1 i}$ était égale à 0,004088. Le Tableau suivant résume les mesures faites pour vérifier la théorie :

Puissance effective.	I.	E.	Cos φ. Calculé.	Cos φ. Mesuré.
135	7,3	107	0,172	0,179
820	8	»	0,958	0,965
528	12,7	»	0,389	0,384
860	14	»	0,574	0,568
685	19,7	»	0,325	0,302

H. A.

Photomètre à scintillation Symmance et Abady.

Ce photomètre, dont nous avons signalé un exemplaire à l'Exposition de la Société française de Physique (*La Revue électrique*, p. 256), a été l'objet d'une courte communication de M. Lauriol à la Société, dans la séance du 15 avril 1904. Le *Philosophical Magazine* du mois d'avril contient un article des auteurs (p. 341-346).

Une longue pratique des différentes formes de photomètre à scintillation [1] et des essais sur des types nouveaux ont montré aux auteurs qu'on peut réaliser un photomètre à la fois extrêmement sensible et propre à la comparaison des sources dont la couleur contraste le plus violemment en s'imposant les règles suivantes :

Les plages lumineuses doivent être juxtaposées sans qu'il existe aucune ligne de séparation apparente; elles doivent se déplacer, osciller ou tourner de telle façon que la courbe de contact passe et repasse à travers la totalité du champ de vision. Tout hiatus ou toute différence dans la durée des actions des deux sources fausse les résultats. La surface ou les surfaces éclairées doivent être exactement symétriques par rapport à l'œil; elles doivent avoir la teinte parfaitement blanche de la craie pure, du plâtre, des carbonates de magnésie ou du sulfate de baryum. Les surfaces elles-mêmes doivent occuper alternativement le champ de vision; un mouvement apparent ou une illusion d'optique ne donnent pas de bons résultats.

Malgré l'autorité d'Abney, les auteurs ne pensent pas que l'acuité visuelle joue un rôle important dans les mesures faites avec ce photomètre, ce qui paraît évident, puisque l'on observe, au moment où l'on cesse de distinguer, une succession alternative de couleurs.

Des observateurs très différents ont obtenu les mêmes résultats en se servant du photomètre Symmance-Abady : d'abord, les deux auteurs, observateurs exercés, mais dont l'un a la vue fatiguée et l'autre souffre d'astigmatisme; de plus, un malade atteint de daltonisme complet et enfin un observateur dont la pupille avait été dilatée par l'atropine.

Les auteurs indiquent que l'observation doit être rapide; en regardant trop longtemps, on rend la rétine inapte à saisir la disparition du papillotement.

Le phénomène de Purking, c'est-à-dire l'influence de la valeur de l'éclat des plages d'un photomètre sur l'égalité apparente, ne joue aucun rôle ici. En comparant une lumière rouge à une lumière verte distante de 3m, on obtient le même rapport que lorsque la distance est de 2m; il en a été de même pour la comparaison d'un arc à une lampe au pentane de 10 bougies, les distances étant successivement 40 et 15 pieds.

[1] C'est probablement M. Rood, professeur à Columbia College, de New-York (1831-1901), qui a le premier appliqué à la photométrie des sources hétérochromes la propriété suivante de la rétine : l'alternance, suivant une période convenable de deux lumières différemment colorées ou non, produit une sensation de papillotement (en anglais, *flicker*; en allemand, *flittern*, *flimmern*) qui disparaît quand les deux sources ont des intensités convenables, que l'on convient d'appeler égales quand les sources sont hétérochromes.

Les résultats numériques suivants sont du plus haut intérêt. On oppose, aux deux extrémités du banc photométrique, deux lampes d'intensité exactement égale. On compare les intensités dans trois expériences :

1° On met devant l'une des sources un verre de couleur;

2° On met devant une des sources un autre verre de couleur;

3° On met les deux verres de couleur chacun devant une source.

Le troisième rapport doit être égal au quotient des deux premiers; on jugera de l'accord sur le Tableau suivant; les deux premières intensités ont été réduites en bougies :

	Intensité.	Rapport calculé.	Rapport observé.
Vert de signaux...	21,8	1,40	1,39
Rouge de signaux.	15,6		
Jaune............	9,75	4,67	4,75
Bleu.............	2,088		
Jaune............	10,01	6,9	6,86
Rouge............	1,45		
Vert.............	2,16	1,08	1,08
Bleu.............	2,0		
Pourpre..........	2,0	1,29	1,275
Rouge............	1,55		
Pourpre..........	3,81	1,95	1,9
Vert de signaux...	2,0		

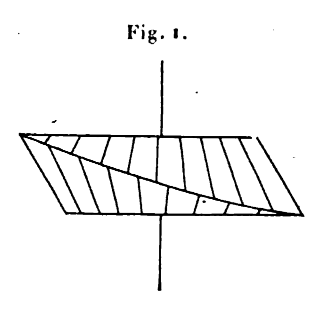
De tels résultats, s'ils étaient confirmés, mériteraient d'attirer sérieusement l'attention. Ils sont d'autant plus intéressants que la théorie de l'appareil est assez obscure et que son principe semble même inexact à M. Broca, qui s'est exprimé en ces termes à la Société de Physique :

« On ne peut définir d'une manière précise l'égalité de deux lumières de couleurs différentes. Elles donnent des notions qui pourront toujours se distinguer l'une de l'autre. Cependant, elles peuvent donner à l'œil certaines propriétés au même degré. C'est ainsi que deux lumières, une rouge et une bleue, par exemple, peuvent donner à l'œil la même acuité visuelle; c'est ainsi que deux couleurs différentes peuvent donner à l'œil la notion d'égalité d'éclat. C'est une notion physiologique impossible à définir, mais qui correspond cependant à quelque chose de net. Au point de vue pratique, on se sert des lumières soit pour donner à l'œil de l'acuité visuelle; soit pour lui donner la notion de clarté, et il semble que, dans le cas de la pratique industrielle actuelle, des surfaces éclairées qui ont même éclat donnent à l'œil la même acuité visuelle. On peut donc dire que ce qui est intéressant dans l'intensité photométrique de sources lumineuses, c'est de l'étudier au point de vue de l'égalité d'éclat.

» Cette égalisation se fait avec une précision médiocre, il est vrai; mais, au moins, elle ne comporte pas d'erreur systématique. Toutes les fois que l'on cherchera à tourner la difficulté d'appréciation de l'égalité d'éclat hétérochrome, on modifiera le phénomène lui-même et l'on aura des résultats systématiquement faussés. Dans le cas qui nous occupe, par exemple, on s'adresse à des sensations colorées intermittentes sur la rétine. Les études de MM. Broca et Sulzer (*Comptes rendus*, novembre 1903) ont montré que les différentes couleurs se comportent à ce point de vue d'une manière entièrement différente. Il s'agit de savoir si cette cause systématique d'erreur n'a pas une action considérable dans le cas de la pratique. Le phénomène mis en jeu est physiologiquement différent du phénomène d'égalité d'éclat apparent; il faut établir par des expériences concluantes si, oui non, il donne des résultats concordants avec la détermination directe avant de pouvoir se prononcer définitivement sur sa valeur. »

Le corps blanc qui est éclairé par les deux sources est limité par deux plans parallèles et deux surfaces coniques de révolution, de même forme, dont les axes sont perpendiculaires aux plans précédents. Il tourne autour d'un axe parallèle aux axes des surfaces coniques et passant par le centre de figure du solide (*fig.* 1). Les deux sources sont sur cet axe; on observe perpendiculairement. La vitesse doit être parfaitement régulière et, en même temps, réglable à volonté, ce qui, disons-le en passant, n'est pas réalisé complètement dans l'appareil principal présenté à la Société de Physique. La symétrie la plus parfaite est indispensable.

Fig. 1.



Il est possible d'incliner l'appareil pour utiliser des rayons non horizontaux; deux échelles circulaires, dont l'une marque le double de l'angle, et un viseur permettent, dans un type perfectionné, d'amener l'axe de rotation à être exactement bissecteur de celui des rayons lumineux incidents.

C. R.



BIBLIOGRAPHIE.

La Telegraphia senza filo, par AUGUSTO RIGHI, Professeur ordinaire de Physique à l'Université de Bologne, et BERNARDO DESSAU, Assistant de Physique à la même Université. Un volume in-8° de 520 pages avec 259 figures. Bologna, Nicola Zanichelli, 1903; prix : 12 lires.

Les auteurs annoncent dès le début de la préface que cet Ouvrage n'est pas un traité scientifique mais bien plutôt un Ouvrage de vulgarisation. Destiné aux lecteurs curieux de connaître les procédés qu'emploie la nouvelle télégraphie et les phénomènes qu'elle utilise, le Livre de MM. Righi et Dessau commence par un exposé des principaux phénomènes électriques nécessaires à la facile compréhension des dispositifs propres à produire et aptes à déceler les ondes électriques.

La première Partie de l'Ouvrage, *Les phénomènes électriques*, expose donc les lois principales et les faits primordiaux de la science électrique. Le champ électrique : loi de Coulomb, distribution, potentiel et influence électrique s'y trouvent brièvement rappelés, ainsi que nos conceptions actuelles concernant les diélectriques. Un second Chapitre est consacré au courant électrique constant. La pile, la loi d'Ohm, l'électrolyse, les accumulateurs et la loi de Joule y trouvent place. Puis vient, en un troisième Chapitre, l'exposé du champ magnétique. Les auteurs appellent l'attention sur la réciprocité liant les phénomènes électrique et magnétique. Dans un dernier Chapitre de cette première Partie, on étudie enfin l'état variable du courant électrique : l'induction, la self-induction, la bobine de Ruhmkorff, l'étincelle et la décharge électrique dans les gaz y sont exposés. Les auteurs terminent ce premier aperçu théorique par un exposé d'une dizaine de pages concernant les atomes électriques et les électrons.

La seconde Partie traite plus spécialement des ondes électromagnétiques. Un Chapitre est consacré à la décharge oscillante, aux oscillations électriques dans les conducteurs et se termine par un parallèle entre la résonance électrique et la résonance acoustique. Chapitre II : Les ondes électriques; expériences de Hertz, propagation, interférence, oscillateurs et résonnateurs, communication à distance et optique des ondes électriques. Le troisième et dernier Chapitre est spécialement consacré aux radioconducteurs.

Les deux dernières Parties de l'Ouvrage ressortissent plus spécialement à la technique. La troisième Partie est consacrée à la télégraphie sans fil par ondes électriques. On y trouve tout d'abord l'exposé succinct de la télégraphie par conduction, par influence électrostatique et par induction. Puis commence l'exposé de la télégraphie par ondes électriques : expériences de Popoff, dispositifs de Marconi, premiers résultats obtenus par la nouvelle télégraphie. Au cours de ce Chapitre on trouve d'intéressantes pages empruntées à Hughes qui dès 1879 prononce, concernant son microphone et les contacts imparfaits, le nom de *cohésion* et constate un phénomène analogue à celui de M. Calzecchi-Onesti et de M. Branly.

Un troisième Chapitre expose les divers perfectionnements apportés aux appareils transmetteurs et récepteurs disposés aux stations de télégraphie sans fil.

Un dernier Chapitre est enfin consacré à la télégraphie sans fil multiple et syntone. On y trouve exposés les systèmes syntones de MM. Lodge et Muirhead, de M. Braun, de M. Marconi, de MM. Slaby et Arco.

Une dernière Partie de l'Ouvrage est consacrée à la télégraphie sans fil au moyen des radiations lumineuses et ultra-violettes, ce qui donne aux auteurs l'occasion de rappeler les expériences de radiophonie de M. Bell et de M. Mercadier et d'aborder la téléphonie sans fil à laquelle les récentes expériences de M. Ruhmer donnent une nouvelle actualité. En appendice, quelques pages sur les récentes expériences à grande distance.

La lecture de cet Ouvrage est véritablement très intéressante pour ceux (nous croyons être du nombre) qui ont suivi pas à pas les progrès rapides bien qu'à certains points de vue un peu superficiels de la nouvelle télégraphie. En sera-t-il de même du public auquel l'Ouvrage s'adresse? Nous n'osons l'affirmer et ne saurions ratifier le titre d'Ouvrage de vulgarisation que les auteurs donnent à leur œuvre.

A notre humble avis il eût fallu, pour demeurer dans une vulgarisation vraiment utile, faire un choix parmi les nombreux dispositifs décrits. En y manquant on risque de mettre sur le même plan de sérieux travaux et d'innocentes préconisations. C'est ainsi qu'on trouve exposés, à côté des très sérieuses études de M. Tissot, des dispositifs parfois empruntés mais toujours intéressants de M. Marconi, les enfantines expériences de Guarini Foresio. Quoi qu'il en soit l'Ouvrage de MM. Righi et Dessau restera comme un très intéressant et très utile exposé, aussi complet que possible, de l'état actuel de la question. A ce titre il ne saurait rendre que des services mais il nous semble ressortir plus à la technique qu'à la vulgarisation. A. TURPAIN.

Les maladies des machines électriques, par ERNST SCHULZ, traduit de l'allemand par A. HALPHEN. Un volume in-16, 92 pages, 42 figures. Vve Dunod, 49, quai des Grands-Augustins, éditeur. Prix, cartonné : 2 fr. 50 c.

Sous une forme accessible à la plupart des monteurs électriciens, l'auteur décrit les défectuosités qui peuvent survenir dans les générateurs, moteurs et transformateurs à courant continu ou alternatif, expose la manière de les localiser et indique les moyens d'y remédier. C'est un livre essentiellement pratique, auquel le succès ne peut faire défaut.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Académie des Sciences.

Séance du 18 avril. — M. H. Poincaré présente une Note de M. C. Gutton sur l'*Action des oscillations hertziennes sur les sources de lumière peu intenses.* L'auteur y signale ce fait que l'éclat du sulfure de calcium augmente quand on dirige sur ce corps des oscillations hertziennes. Celles-ci étaient produites par un oscillateur Blondlot, conduites par deux fils métalliques à deux petites antennes disposées suivant la ligne focale d'un miroir parabolique, réfléchies par ce miroir et reçues sur un second miroir de même forme placé à environ 1^{m} du précédent et suivant l'axe focal duquel était disposé l'écran phosphorescent. Pour s'assurer que la variation d'éclat est bien due aux ondes hertziennes et non à quelque autre cause, M. Gutton a successivement placé sur le trajet de ces ondes un écran métallique, un écran en carton, enfin un réseau de fils parallèles destiné à polariser les ondes; avec l'écran métallique, toute action sur le sulfure de calcium est supprimée; l'écran en carton est sans effet; le réseau donne lieu à une action variable avec l'orientation des fils.

Séance du 25 avril. — M. Violle communique une Note de M. H. Pécheux sur les *Alliages plomb-aluminium.*

Séance du 2 mai. — L'*Action du magnétisme terrestre sur une tige d'acier invar destinée à un pendule géodésique* est l'objet d'une Communication de M. Lippmann. On sait que, d'après l'étude très complète qui en a été faite par M. Ch.-E. Guillaume, certains aciers au nickel possèdent un coefficient de dilatation extrêmement faible; en particulier, l'acier dit *invar* a un coefficient vingt fois moindre que celui du laiton. Cette propriété a fait préconiser cet acier pour la construction de pendules géodésiques. Toutefois, comme cet acier est magnétique, il y avait lieu de craindre que le couple magnétique, dû à l'action du magnétisme terrestre sur un tel pendule, ne vînt apporter une variation sensible de la durée d'oscillation du pendule, variation dont il serait difficile de tenir compte. Les mesures faites par M. Lippmann sur une tige d'acier invar d'une longueur de 1^{m} lui ont montré que l'erreur relative commise, en négligeant le couple magnétique, est de l'ordre de $\frac{1}{500000}$, ce qui correspond à une erreur de 2^{μ} dans la mesure de la longueur du pendule à secondes. La mesure de la longueur du pendule à secondes comportant diverses causes d'incertitude qui dépassent 2^{μ}, M. Lippmann en conclut que l'action du magnétisme terrestre sur les pendules en acier invar est absolument négligeable et qu'il serait avantageux de substituer cet acier au laiton pour le pendule à un couteau et, *a fortiori,* pour le pendule à réversion, le retournement du pendule ayant pour effet d'éliminer presque complètement la petite erreur due au magnétisme.

Un nouvel appareil destiné à la mesure de la puissance des moteurs est décrit par M. Ch. Renard. Cet appareil, auquel l'auteur a donné le nom de *moulinet dynamométrique,* est spécialement destiné aux moteurs à vitesse angulaire très grande, comme les moteurs électriques ou à pétrole des automobiles, et est fondé sur les lois de la résistance de l'air. Il se compose d'une barre rectangulaire en frêne, que l'on fixe sur l'arbre du moteur et sur laquelle on boulonne deux plans carrés d'aluminium symétriques par rapport à l'axe de rotation. En prenant des plans d'aluminium d'aires différentes et en modifiant la position de ces plans sur la règle, on fait varier, dans de larges limites, le couple résistant opposé par l'air; la puissance correspondant à chaque grandeur des plans d'aluminium et à chacune des positions de ces plans sur la règle est déterminée expérimentalement au moyen d'une balance dynamométrique que M. Renard se propose de décrire plus tard; un abaque, construit d'après ces déterminations, permet ensuite d'avoir cette puissance par la simple connaissance du nombre de tours par seconde du moulinet [1]. L'appareil ne s'échauffant pas par son fonctionnement, l'énergie étant absorbée par des masses d'air sans cesse renouvelées, on peut prolonger indéfiniment les essais et étudier, avec la plus grande facilité, les variations de puissance d'un moteur, car elles se traduisent par des variations de vitesse faciles à enregistrer. Ajoutons que l'appareil a pu être employé pour des puissances variant de 1 à 150 chevaux, et qu'il serait facile d'aller beaucoup plus loin.

Sur la dissolution électrolytique du platine, nouveau procédé de préparation des platinocyanures, est le titre d'une Note de MM. A. Brochet et J. Petit. Après avoir rappelé que le platine est plus rapidement attaqué par les électrolytes lorsque ceux-ci sont traversés par des courants alternatifs que lorsqu'ils sont traversés par un courant continu, les auteurs indiquent les résultats qu'ils ont obtenus en soumettant des solutions de cyanures à l'action de courants alternatifs avec électrodes en platine : il se forme du platinocyanure; avec le cyanure de baryum, il faut une dépense d'environ 8 kilowatts-heure par kilogramme de platinocya-

---

[1] L'expérience montre que, pour une position donnée des plans, le moment moteur est proportionnel au poids spécifique de l'air et au carré de la vitesse angulaire; si a est le poids spécifique de l'air en kilogrammes par mètre cube, M le moment moteur en kilogrammètres, N le nombre de tours du moulinet par minute et K_m un coefficient appelé *coefficient de moment,* on a

$$M = a K_m \left(\frac{N}{1000}\right)^2,$$

et pour la puissance P, en kilogrammètres-seconde,

$$P = 2\pi \frac{N}{60} M = a \frac{100\pi}{3} K_m \left(\frac{N}{1000}\right)^3.$$

nure de baryum formé (¹); comme il suffit de filtrer la solution et de faire cristalliser pour avoir du platino-cyanure de baryum pur, ce mode de préparation est bien préférable au procédé chimique ordinairement employé pour la préparation de ce corps. Quant à la raison pour laquelle le platine se dissout avec facilité dans les cyanures sous l'action des courants alternatifs, les auteurs se proposent de la rechercher.

Parmi les autres Communications faites à cette séance, signalons une Note de M. A. COLSON sur l'*Origine des rayons Blondlot, dégagés pendant les réactions chimiques,* dans laquelle l'auteur établit que les actions chimiques qui émettent des rayons N sont toujours accompagnées d'actions physiques (contractions, refroidissement, etc.), et une Note de M. H. PÉCHEUX sur les *Alliages zinc-aluminium,* où l'auteur signale qu'il a réussi à obtenir neuf alliages bien définis.

Établissement des conduites forcées.

L'intérêt qui s'attache à l'utilisation des forces hydrauliques naturelles nous autorise à donner dans la *Revue électrique* quelques notes pratiques relatives aux conduites forcées d'après un travail très remarqué publié depuis quelque temps par un spécialiste dans la matière, M. Aug. Bouchayer. Sans doute cette partie de l'installation hydro-électrique semble du domaine exclusif de l'hydraulicien, encore est-il bon que tout ingénieur possède quelques données pour juger et critiquer, s'il y a lieu, les détails d'un projet.

Le calcul d'une canalisation hydraulique a beaucoup d'analogie avec celui d'une canalisation électrique et se conduit en se préoccupant de la perte de charge. La formule pratique à utiliser est celle de M. Maurice Lévy (²)

$$\left(\frac{U}{20,5}\right)^2 = RI(1+3\sqrt{R}).$$

Il est superflu généralement de chiffrer l'influence des coudes et des changements de section, si l'on fait les coudes de grand diamètre et les variations de section, progressives. L'épaisseur des parois de la conduite se calcule par la formule (³)

$$e = \frac{PD}{200\,R} + \text{const.}$$

(¹) La réaction est la suivante :

$$Pt + 2Ba(CAz)^2 + 2H^2O = Pt(CAz)^4Ba + Ba(OH)^2 + H^2.$$

(²) U vitesse moyenne en mètres par seconde, R rayon intérieur de la conduite en mètres, I perte de charge par mètre.

(³) e épaisseur de la paroi en millimètres; P pression extérieure en kilogrammes par centimètre carré, 100R, travail admissible par le métal (600ᵏᵍ par centimètre carré pour l'acier de déphosphoration Thomas, 800ᵏᵍ pour l'acier Martin). La constante est de 1ᵐᵐ à 3ᵐᵐ.

Cette formule peut être établie simplement en cherchant les conditions de décollement d'une virole de la conduite, ayant l'unité de longueur.

L'acier employé peut être :

1° L'acier extra-doux construction première qualité, d'une résistance R à la rupture de 38ᵏᵍ à 40ᵏᵍ avec un allongement A de 24 à 26 pour 100 (R + A = 64);

2° L'acier extra-doux qualité chaudière, avec R = 38ᵏᵍ à 40ᵏᵍ; A = 26 à 28 pour 100 (R + A = 66).

Un point important dans l'étude des conduites forcées est la protection contre l'effet des coups de bélier dus soit à une mauvaise conduite du remplissage, soit plus souvent au réglage de la turbine. Les régulateurs de turbines actuels possèdent tous des organes destinés à éviter les coups de bélier; parfois on dispose des cheminées d'équilibre (¹) (par exemple à l'usine de Champ).

M. Michaud a, à ce point de vue, établi une formule reliant le temps de la fermeture d'un vannage à la surpression produite par le coup de bélier (²)

$$T = \frac{2LV}{gB}.$$

Pour s'affranchir des accidents pouvant provenir de la dilatation, on enterre la conduite ou on la peint en blanc. Les joints de dilatation constituaient un remède pire que le mal, ils sont abandonnés.

Il est bon de vérifier que le métal peut résister aux efforts dus à la dilatation (³); et l'on devra autant que possible atténuer leurs effets en faisant la pose par une température moyenne.

Dans les conduites qui ne travaillent pas en hiver, il faut ménager un écoulement permanent pour la congélation de l'eau.

M. Roucher a établi une formule qui, pour les froids ordinaires des Alpes, donne la quantité nécessaire d'eau qu'il faut laisser écouler (⁴)

$$q = \frac{S}{T}.$$

Il faut prendre de grandes précautions pour que le poids de la conduite et celui de l'eau contenue n'amènent pas une déformation ou un affaissement.

M. Birault a donné l'équation générale du moment de flexion dans chaque section de la paroi d'un tuyau plein (⁵) posé sur le sol :

$$M = (pR^2 + \tfrac{1}{2}\delta R^3)z.$$

Si la conduite est placée sur piliers, il faut la calculer en la considérant comme une poutre continue supportant la charge uniformément répartie de son poids et de l'eau contenue.

(¹) *Voir*, à ce sujet, l'*Éclairage électrique*, t. XXV, p. 64-66, et t. XX, p. 428.

(²) T durée de la fermeture en secondes, B surpression en mètres, L longueur de la conduite en mètres, V vitesse de l'eau en mètres par seconde, $g = 9^m,81$.

(³) Coefficient de dilatation de l'acier par mètre : 0ᵐ,0000116; coefficient d'élasticité de la tôle d'acier : 17500ᵏᵍ.

(⁴) q volume d'eau à laisser écouler en mètres cubes par heure, S surface de tôle exposée au refroidissement en mètres carrés, T température de l'eau en degrés centigrades à l'entrée dans la conduite.

(⁵) M moment de flexion, p poids de la paroi par mètre courant de développement, R rayon de la conduite, δ densité du liquide contenu; $z = (\pi - \alpha)\sin\alpha - \frac{1}{2}\cos\alpha - 1$, α étant l'angle qui définit la section considérée.

Quand les hauteurs de chute deviennent trop grandes, on est amené à des épaisseurs de tôle inadmissibles, et l'on doit utiliser plusieurs conduites en parallèle.

Pratiquement, on peut à l'aide d'une seule conduite établir une chute de 1000^m débitant 500^l par seconde (5000 chevaux sur l'arbre des turbines). D'ailleurs, la hauteur de 1000^m n'a pas encore été atteinte; la plus haute chute existante a été établie en Suisse par la Société des forces motrices du lac Tanay et a 920^m.

M. Bouchayer, comme conclusion de ses notes, indiquait qu'à son avis il est logique de considérer une conduite repeinte tous les quatre ou tous les cinq ans comme pouvant être amortie en cinquante ans.

J. G.

Une gutta-percha artificielle.

Il y a déjà plusieurs années qu'on parle des essais de fabrication d'une substance isolante capable de se substituer à la gutta ordinaire, qui devient de plus en plus rare. Les tentatives exécutées dans cette voie semblent avoir été couronnées de succès, car un chimiste viennois, Adolf Gentsch, est arrivé à préparer une matière qui, de l'avis du professeur Weber, peut rivaliser avec la gutta-percha naturelle (*E. T. Z.*, n° 15, 1904). Elle ne se ramollit qu'à une température plus élevée, possède une résistance électrique plus grande et une constante diélectrique plus faible. La gutta-Gentsch serait un mélange de caoutchouc para et d'une espèce de cire de palmier dont le point de fusion est si voisin de celui du caoutchouc qu'il serait presque impossible de séparer les deux matières brutes par simple fusion. C'est la maison Felten et Guilleaume, de Mülheim-sur-le-Rhin, qui a obtenu le monopole de cette fabrication. Les premiers échantillons étudiés dans les laboratoires de l'Administration des Télégraphes de Berlin, ont donné des résultats assez satisfaisants pour engager la susdite administration à tenter des essais en grand. Les fabricants lui ont donc fourni 24^{km} de câbles sous-marins isolés à la gutta-Gentsch. L'un de ceux-ci, à quatre âmes, réunit depuis 1902 l'île de Föhr au continent; les constructeurs garantissent, pour chaque âme, une résistance d'isolement de 500 mégohms et une capacité de 0,15 microfarad par kilomètre, avec une tolérance de $\pm$ 5 pour 100. Un autre avantage de cette gutta artificielle est qu'elle permet de livrer des câbles 35 pour 100 meilleur marché. On s'est heurté à une petite difficulté quand on a voulu recouvrir les points de soudure avec le nouvel isolant. La gutta-Gentsch est, en effet, très collante et se prête difficilement à la confection d'un bon joint; on procède alors de la manière suivante : on taille l'isolant obliquement autour de chaque âme, de façon à former un biseau de $1^{cm},5$ à 2^{cm}, puis on recouvre la partie ainsi préparée et le fil nu d'une couche de chatterton, sur laquelle on dépose une bande de gutta naturelle. Le tout est pétri à la main, poli et ensuite égalisé au fer. On peut chauffer avec la lampe à alcool, pourvu que la chaleur ne se fasse pas sentir sur la gutta-Gentsch. Après cette première opération on remet une nouvelle couche de chatterton et une nouvelle bande de gutta, et l'on procède comme ci-dessus. Enfin, on applique une dernière couche de chatterton, qui est étalée au fer, pétrie et, une dernière fois, chauffée avec la lampe à alcool, pour permettre de bien uniformiser le joint avec la paume de la main. La maison Felten et Guilleaume a publié des Tables à l'aide desquelles on peut facilement ramener la valeur de la résistance d'isolement à la température normale de 15°; il ressort de ces Tables que le facteur de réduction est bien plus faible pour la gutta artificielle que pour la gutta naturelle. Tous les câbles d'essais se sont très bien comportés jusqu'à ce jour, et il y a tout lieu d'espérer qu'il en sera de même à l'avenir. Ainsi se trouvera conjuré tout danger d'un arrêt dans le développement des communications interocéaniques, que la rareté et la cherté de la gutta naturelle devaient rendre fatal.

B. K.

Traction électrique sur le transsibérien.

A l'heure où tous les regards sont dirigés vers l'Extrême-Orient il nous paraît intéressant de donner (1) quelques renseignements sur les avantages que procurerait au transsibérien l'application de la traction électrique.

La ligne transsibérienne de Tchéliabinsk à Port-Arthur peut se diviser en quatre tronçons présentant des caractères distincts :

1° Le tronçon ouest, de Tchéliabinsk au fleuve Obi, possède un parcours très régulier de 1400^{km}, mais l'eau y fait défaut; on ne peut se procurer facilement l'eau nécessaire à l'alimentation des locomotives qu'à la traversée des fleuves, environ tous les 150^{km}-250^{km}; les rampes maximum sur le parcours ne dépassent pas 0,006.

2° Sur le tronçon moyen, de l'Obi à Irkoutsk, on rencontre des rampes de 0,018 avec des courbes de 320^m de rayon; l'eau s'y rencontre en quantité suffisante dans presque toutes les stations, mais les conduites d'amenée occasionnent pourtant de grandes difficultés.

3° D'Irkoutsk au lac Baïkal la ligne suit le fleuve Angara, contourne le lac et ne présente du Baïkal à la station Mandchourie qu'une longue rampe de 0,018, les autres rampes ne dépassant pas 0,01.

4° Enfin, sur le dernier tronçon, de Mandchourie à Port-Arthur, on rencontre quelques rampes de 0,015 par des courbes de 300^m de rayon.

La voie, de Tchéliabinsk à Mandchourie, était formée sur toute sa longueur de rails de 24^{kg} au mètre courant; depuis, dans les régions montagneuses, on a remplacé ceux-ci par des rails de 32^{kg}, la ligne de l'Est chinois est formée également de rails de 32^{kg}.

Outre les difficultés techniques que l'on rencontre dans l'exploitation de la ligne il faut examiner la question économique. Jusqu'à la déclaration de guerre, le trafic régulier était de 7 paires de trains par jour, non compris les trains d'émigrants. 100 000 voyageurs peuvent ainsi être transportés d'Europe et de Russie en Sibérie, en Chine, au Japon ou en Australie. Les convois d'émi-

(1) D'après une conférence de M. le comte Loubensky au troisième Congrès des Électriciens russes. Décembre 1903.

grants ont transporté depuis leur fondation 1 200 000 personnes. Le transport des marchandises, quoique peu important, augmente de jour en jour; en particulier, l'exportation du beurre de Sibérie se développe rapidement.

L'auteur en conclut que dans un avenir plus ou moins éloigné on devra porter à 20 et même à 25 le nombre de paires de trains circulant journellement [1].

Ce résultat ne peut être obtenu que par une augmentation de la vitesse des trains, augmentation à laquelle s'oppose actuellement la faible superstructure de la ligne, le parcours difficile, en raison des rampes et des courbes à faible rayon de la partie moyenne, enfin le manque d'eau sur le tronçon ouest.

En conservant la traction à vapeur il faut donc :

1° Accroître le nombre de stations d'alimentation en établissant de coûteuses conduites d'eau ou augmenter la capacité des réservoirs d'eau des tenders;

2° Modifier le profil et, en certains points, changer complètement la direction de la voie.

3° Renforcer la voie sur toute la longueur du parcours.

Ce n'est donc qu'au prix de dépenses considérables que l'on pourrait arriver à faire circuler de vingt à vingt-cinq paires de trains par jour.

La traction électrique, sans modifier ni la superstructure ni le profil actuel de la ligne, permettrait d'obtenir une vitesse de 80^{km} à l'heure et un mouvement de trente paires de trains, alors qu'avec la traction à vapeur on ne pourrait dépasser dix-neuf paires.

Les conditions seraient beaucoup plus avantageuses dans le cas de la traction électrique; reste à savoir si son application ne présenterait pas de grandes difficultés en raison des dures conditions climatériques de la Sibérie, de la grande longueur de la ligne et de la difficulté de recrutement du personnel nécessaire à son exploitation. P. D.

La lampe Nernst en Suisse.

La Société électrotechnique suisse vient de publier le résultat d'une enquête qu'elle a faite sur l'utilisation de la lampe Nernst dans les installations suisses.

Sur 82 usines constituant l'Association, 74 ont répondu à l'enquête. L'examen de ces réponses donne les résultats suivants : la moitié de ces 74 usines n'emploient pas, ou n'emploient plus la lampe Nernst. Sur l'autre moitié, un cinquième ne l'emploie que depuis trop peu de temps pour émettre un avis définitif. Les usines qui en sont « satisfaites » ou « très satisfaites » sont au nombre de 7; et il y en a également 7 qui se disent « assez satisfaites », de sorte qu'il reste encore 14 usines qui l'exploitent sans en être satisfaites. Si l'on ajoute les 14 usines non satisfaites à celles qui avaient introduit la lampe Nernst, mais qui ne l'emploient plus à cause des mauvais résultats obtenus, on obtient $(14 + 20) = 34$ usines non satisfaites, comparativement à 14 qui le sont.

Les usines avec la qualification « satisfaites et très satisfaites » sont toutes des usines à courant continu avec une tension aux lampes de plus de 200 volts; celles qui sont « assez satisfaites » se divisent en 6 usines à courant continu et 1 à courant alternatif avec une tension aux lampes de 125 à 220 volts. Les usines satisfaites accusent une durée moyenne d'allumage des brûleurs de 300 à 1200 heures et pour les résistances 1000 à 2000 heures; celles qui se déclarent assez satisfaites donnent 237 à 400 heures pour les brûleurs, et 280 à 1000 heures pour les résistances. Pour les usines non satisfaites, la durée moyenne d'allumage est de 75 à 300 heures pour les brûleurs, et un peu plus pour les résistances. Les usines qui ont complètement abandonné la lampe Nernst accusent des résultats absolument mauvais. L'une d'elles dit : « Nous avons fait des essais avec trois lampes, dont l'une a duré 3 heures, l'autre 1 heure et la troisième 20 minutes. »

Trois des usines à courant continu attribuent les résultats qu'elles ont obtenus au bon réglage de la tension dans leurs réseaux; par contre, 14 usines à courant alternatif attribuent la cause de la faible durée des brûleurs Nernst et des résistances, soit au genre du courant alternatif, soit aux fortes variations de la tension dans leurs réseaux, c'est-à-dire à la distribution simultanée de lumière et de force motrice au moyen des mêmes conducteurs. 7 des usines font ressortir la rapide diminution du pouvoir éclairant qui, dans un cas, avait diminué de moitié après 100 heures d'allumage. 2 usines vantent la qualité de la lumière.

Le total des lampes Nernst employées par ses 37 usines ne dépasse pas 1000 (environ 300 lampes A, 700 lampes B); c'est là une proportion 0,5 pour 100 à peine du nombre des lampes à incandescence raccordées dans les 74 usines qui constituent l'Association suisse.

De cette enquête la commission tire les conclusions suivantes :

Jusqu'à présent la lampe Nernst n'a répondu qu'en partie aux espérances qu'on avait fondées sur elle.

Elle ne se comporte bien que là où l'on emploie une tension élevée aux lampes, grâce à un excellent réglage de la tension du réseau.

L'intensité lumineuse baisse rapidement, et, par suite de cette circonstance et en raison du coût élevé des lampes et des brûleurs, il ne peut s'agir de réaliser une économie sur les lampes à filament de carbone.

La couleur de la lumière est très agréable.

Si les constructeurs ne parviennent pas à construire les lampes de manière qu'avec un réglage ordinaire de la tension du réseau, ils atteignent une durée d'allumage d'au moins 500 heures, et que, après cette durée d'allumage, la diminution du pouvoir éclairant ne dépasse pas 20 pour 100, la lampe Nernst ne présentera aucun intérêt pour la majeure partie des usines électriques suisses, et le débit de leurs consommateurs ne pourra faire que des progrès modestes.

[1] A l'heure actuelle, 12-14 paires de trains circulent journellement, ce nombre s'accroîtra lorsque les communications sur le lac Baïkal seront plus faciles.

Tome I. — N° 11. 15 Juin 1904.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Charpentier, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, Guilbert, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Maurain, Pellissier, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

SOMMAIRE.

I. **Article :** Les turbines à vapeur, par M. L. Drin, p. 321.
II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 328; Transmission et Distribution, p. 331; Traction, p. 336; Télégraphie et Téléphonie, p. 343; Éclairage, p. 344; Électrochimie, p. 345.
III. **Bibliographie,** p. 346. — IV. **Variétés et informations,** p. 347.

LES TURBINES A VAPEUR (1).

I. TURBINES D'ACTION.

Les turbines d'action sont celles dans lesquelles la vapeur agit par sa force vive seule, c'est-à-dire que la vapeur se détend dans des tuyères ou dans les aubes directrices avant d'arriver en vitesse sur les aubes réceptrices.

De ce mode d'action il résulte immédiatement que les aubes tournent dans une enceinte de pression uniforme, et que chaque roue ou chaque couronne mobile est soumise sur ses deux faces à la même pression. La vapeur n'a donc pas tendance à contourner les aubes réceptrices, sans produire de travail, il est alors possible de laisser un jeu suffisant entre les parties fixes et les parties mobiles.

Enfin dans les turbines d'action, l'injection de vapeur peut se faire sur une partie de circonférence, seulement, au lieu que, dans les turbines de réaction, elle doit avoir lieu suivant une couronne circulaire, si l'on veut éviter les tourbillonnements de la vapeur à son entrée dans la turbine.

Mais les turbines d'action sont ordinairement un peu plus compliquées que celles de réaction. Enfin celles qui n'ont qu'un ou deux disques tournent à des vitesses trop considérables et nécessitent dans la plupart des cas un engrenage de réduction très difficile à établir, à entretenir et à surveiller.

TURBINES DE LAVAL.

La turbine de Laval est le prototype des turbines d'action. Cette turbine utilise la force vive seule de la vapeur; à cet effet, la vapeur complètement détendue dans une série de distributeurs arrive sans pression sur les aubes d'une roue motrice à laquelle elle communique sa quantité de mouvement. La figure 1 montre d'une façon très claire ce mode d'action de la vapeur.

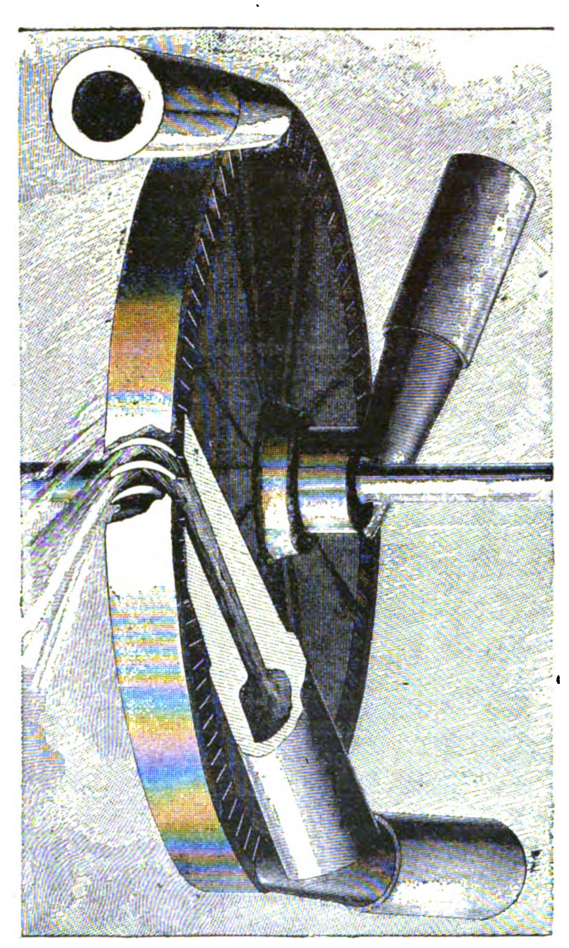
Description. — La turbine de Laval est analogue à une turbine d'Euler à axe horizontal, à introduction partielle et à libre écoulement. Celui-ci, en effet, est caractérisé par l'absence d'une surpression entre le distributeur et le récepteur.

Elle se compose d'une roue à aubes (*fig.* 2) sur laquelle la vapeur complètement détendue est amenée par deux ou plusieurs ajutages dont l'ex-

(1) Voir *la Revue électrique* du 15 mai, p. 257.

trémité est taillée en biseau et dont l'axe est faiblement incliné sur le plan de la roue (17° à 20°).

Fig. 1.



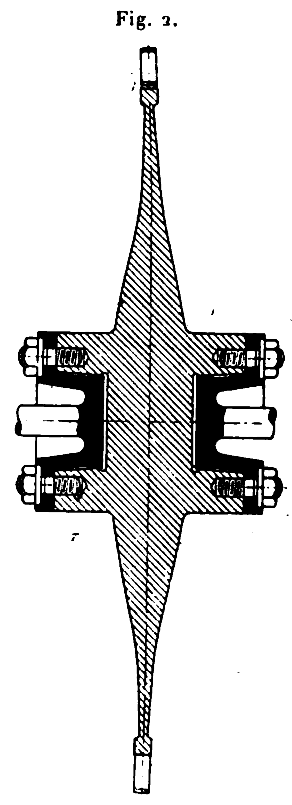
Vue d'une turbine de Laval.

Dans les premières turbines les aubes étaient taillées dans la masse, puis entourées d'une frette pour éviter les remous aux extrémités des ailes et pour diminuer le frottement dans l'atmosphère ambiante au repos. On préfère aujourd'hui employer des roues avec aubes rapportées. Ces aubes sont en acier fondu et estampées à la presse; fraisées et calibrées.

La figure 3 indique leur mode de fixation sur le disque; l'emmanchement étant fait à queue d'aronde, le remplacement d'une aube brisée se fait très facilement.

La roue motrice est montée sur un axe en acier et tourne à l'intérieur d'une chambre, dont une partie vient de fonte avec un conduit de distribution et porte les ajutages en bronze destinés à détendre la vapeur, à la conduire près des aubes, tandis qu'une autre partie sert à l'échappement et porte le palier du bout de l'arbre.

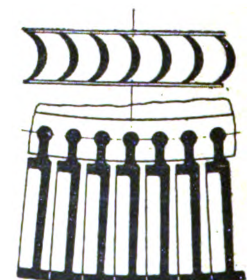
Fig. 2.



Coupe d'une roue.

L'arbre principal porte encore le pignon d'un

Fig. 3.



Mode de fixation des aubes.

engrenage qui transmet le mouvement de cet arbre principal à un ou deux arbres intermédiaires.

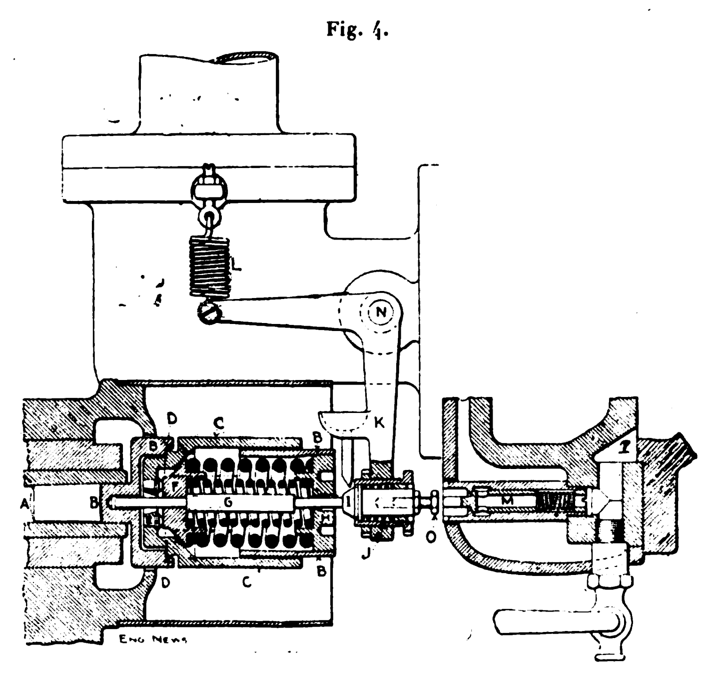
La régulation de la machine se fait au moyen d'un régulateur conique à ressort monté sur l'un

de ces arbres et commandant au moyen de leviers une soupape à double siège.

La figure 4 montre les détails du régulateur qui est monté à l'extrémité A d'un arbre intermédiaire de la machine. B est un manchon fixe au bout de cet arbre. CC sont des masses pesantes qui pivotent autour des couteaux DD par l'effet de la force centrifuge et qui poussent, par l'intermédiaire des pointes d'acier E, la masse F, laquelle entraîne vers la gauche la pointe centrale G. La pièce F est maintenue au moyen de ressorts réglables par l'écrou H. La pointe G en se déplaçant pousse la masse métallique I, qui agit elle-même, par l'intermédiaire d'un ressort J, sur un des bras du levier coudé KNL.

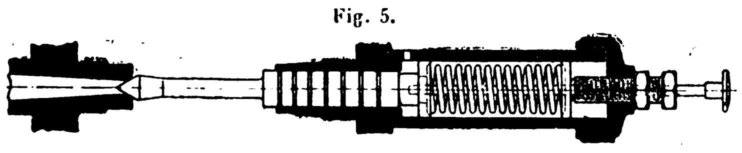
Ce levier commande la soupape de prise de vapeur, normalement tenue ouverte par le ressort L. Le ressort J étant beaucoup plus fort que le ressort L, le déplacement de la pointe G a pour effet de fermer la soupape. Celle-ci étant fermée, s'il y a excès de vitesse, la pointe G continue son mouvement. Elle vient alors butter, par l'inter-

Fig. 4.



Régulateur.

Fig. 5.



Fermeture automatique.

médiaire de la vis réglable O, sur la valve M. Celle-ci s'ouvre et admet de l'air dans la chambre de la turbine, ce qui arrête presque instantanément le disque tournant.

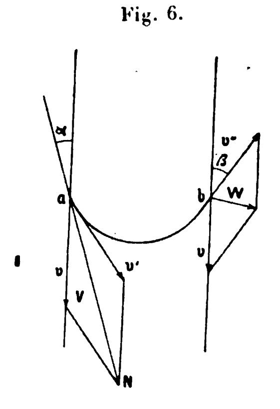
Enfin un certain nombre d'ajutages d'amenée de vapeur peuvent être ouverts ou fermés, au moyen de valves indépendantes ou automatiquement par l'action d'un ressort en spiral et de la vapeur. La figure 5 montre le fonctionnement de cette fermeture automatique. Lorsque la turbine travaille à sa pleine puissance, la pression de la vapeur tient le ressort R tendu, avec un certain effort. Dès que la puissance diminue, le régulateur commence à agir sur la soupape à double siège, la pression de la vapeur, par suite du laminage, commence à baisser, et le ressort ferme la tuyère.

Conditions de bon fonctionnement. — Pour

obtenir le maximum de l'effet utile et éviter les tourbillonnements et les remous, il faut que la vapeur entre dans les aubes sans choc et en sorte sans vitesse, après avoir abandonné toute son énergie cinétique.

Soit (*fig.* 6) *ab* une aube, *a*N la direction

Fig. 6.



moyenne du jet de vapeur qui arrive sur l'aube considérée avec une vitesse V, v la vitesse de la turbine; construisons le parallélogramme des vitesses : v' est la vitesse relative de la vapeur dans l'intérieur de la turbine.

Soit v'' la vitesse relative de sortie de la vapeur; au point b construisons le parallélogramme des vitesses qui fait connaître W la vitesse absolue de sortie de la vapeur.

Pour éviter les chocs à l'entrée dans la roue, il faut que la direction de la vitesse relative à l'entrée soit la même que celle de la vitesse absolue, autrement dit, il faut que l'on ait

$$\alpha = 0.$$

Pour que W soit nul, il faut que

$$v'' = v = v' \qquad \text{avec} \qquad \beta = 0,$$

c'est-à-dire que la vitesse linéaire de la turbine soit égale et directement opposée à la vitesse relative de sortie du fluide. Ces conditions ne peuvent être réalisées pratiquement. On prend ordinairement

$$\alpha = 20°;$$

on a alors

$$v' = v = \frac{V}{2\cos\alpha},$$

$$W = 2v \sin\alpha = V \operatorname{tang}\alpha.$$

Le rendement théorique du distributeur est alors égal à

$$\rho = \frac{V^2 - W^2}{V^2} = 1 - \operatorname{tang}^2\alpha.$$

Comme α est très petit, on voit que la vitesse linéaire de la turbine est légèrement supérieure à la moitié de la vitesse d'arrivée du fluide moteur.

Vitesse de la vapeur. — La vapeur, s'écoulant dans l'air sous pression par un orifice de petite section, prend des vitesses considérables qui atteignent 675^m par seconde à la pression de 6 atmosphères à la chaudière et 913 m. : sec. à celle de 12 atmosphères.

Ces vitesses sont encore notablement accrues, quand le second milieu, où s'écoule le fluide, a une pression moindre que 1 atmosphère. Dans le cas de 6 atmosphères et d'un condensateur avec 90 pour 100 de vide, cette vitesse atteint 1120^m.

Vitesse de rotation de la turbine. — Si l'on se reporte à ce que nous avons trouvé précédemment, on voit que les vitesses linéaires de la turbine dans les mêmes conditions de pression à l'amont et à l'aval doivent être de 370, 485, 580 m. : sec., ce qui correspond avec un disque de 40^{cm} de diamètre à des vitesses de rotation de 18000, 23000 et 27500 tours par minute.

Il est bien entendu impossible d'utiliser directement des vitesses aussi considérables, on doit avoir recours à un organe de réduction qui réduit au dixième environ la vitesse de l'axe principal. Cet organe de réduction est constitué par un engrenage à double denture hélicoïdale, disposée en chevrons, de façon à compenser la poussée longitudinale due à l'obliquité des jets de vapeur.

Le pignon, en acier, est monté sur l'arbre moteur. La roue est formée d'un moyeu d'acier pourvu d'une couronne dentée en bronze. La pression sur ces engrenages, dont les dents relativement longues sont toujours au nombre de trois en prise, est très réduite. Sur l'aube de cette roue est calée une poulie ou un accouplement.

Le pignon, la roue et les paliers sont enfermés dans une boîte métallique close qui les maintient à l'abri de la poussière.

Le graissage de ces différentes parties est assuré au moyen d'un réservoir supérieur renfermant de l'huile et des tuyaux d'alimentation qui débouchent aux points à lubrifier.

L'huile non utilisée se rassemble au fond de la boîte renfermant l'engrenage, elle peut être soutirée et utilisée à nouveau après épuration.

Pour supprimer ou mieux pour compenser la pression obtenue sur les portées de l'arbre moteur, on emploie deux arbres intermédiaires. Le pignon engrène alors non plus avec une seule roue, mais avec deux roues qui commandent elles-mêmes, au moyen d'un accouplement élastique, un seul arbre récepteur.

Lorsque la turbine est utilisée pour conduire des dynamos, on peut monter une génératrice sur chacun de ces deux arbres intermédiaires; on peut associer les deux dynamos en série ou en parallèle, ou les monter sur les deux ponts d'une distribution à trois fils.

Arbre flexible. — Quelques précautions qu'on prenne dans la construction, quelques soins qui soient apportés au montage de l'arbre, il est difficile, pour ne pas dire impossible, de faire coïncider le centre de gravité de la roue avec l'axe de rotation. Or, si l'on considère un disque tournant de 20^{cm} de diamètre, par exemple, avec un balourd de 1^g à sa circonférence, tournant à une vitesse de 300^m par seconde, la formule

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

montre qu'il se développe pendant la rotation de l'arbre une force centrifuge de 100^{kg} environ. Cette force déterminera bientôt des frottements et des trépidations considérables qui auront pour conséquences des fuites importantes, un mauvais rendement et une mauvaise marche de la machine.

Pour remédier à ces inconvénients M. de Laval a eu l'idée très ingénieuse d'utiliser les propriétés gyrostatiques des corps tournants en montant sa roue sur un arbre très mince et par suite flexible qui se déforme pendant les premiers instants de la marche puis se redresse ensuite quand la vitesse de la turbine augmente jusqu'à sa valeur normale.

Si l'on fait tourner en effet un corps qui a un plan de symétrie autour d'un axe maintenu à ses

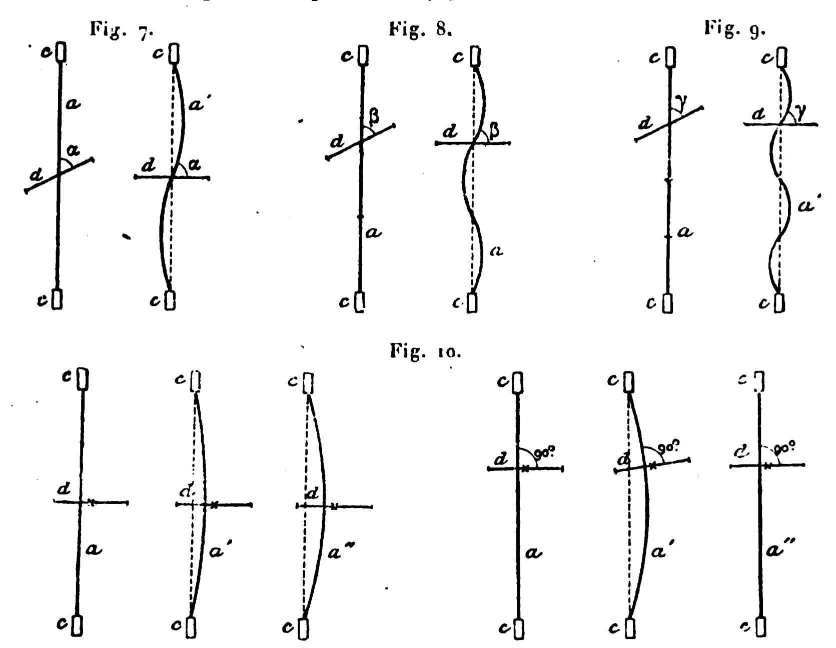


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

extrémités et passant par son centre de gravité, ce corps tendra, à mesure que la vitesse augmente, à tourner autour de son axe principal d'inertie qui est la ligne perpendiculaire au plan et passant par le centre de gravité.

L'axe physique étant flexible se déformera de la quantité nécessaire pour lui permettre cette orientation.

La position du disque que, pour plus de simplicité, nous avons prise comme exemple, n'a pas d'influence. Ce disque peut être au milieu de l'axe (*fig.* 7), à un tiers (*fig.* 8) ou un quart (*fig.* 9) de distance d'un de ses points fixes; le phénomène se reproduira de la même façon. Le mouvement de l'arbre vibratoire seul changera.

Si l'on fait tourner, au contraire, ce disque autour d'un arbre flexible perpendiculaire à son plan de symétrie, mais ne passant pas par le

entre de gravité, il y aura deux cas différents :

1° Le disque étant placé au milieu de l'axe, entre ses deux points fixes, le centre de gravité tendra à s'en éloigner d'autant plus que la vitesse sera plus grande (*fig.* 10);

2° Si le disque ne se trouve pas au milieu de l'arbre, celui-ci commencera par fléchir; mais alors, le plan de symétrie du disque se trouvant incliné par rapport à l'axe géométrique, le disque tendra, à mesure que la vitesse augmentera, à se placer perpendiculairement à cet axe et à ramener, par conséquent, l'arbre dans la ligne des paliers, supposés rigides.

Quand la machine est mise en marche, l'arbre flexible avec disque excentrique monté à une certaine distance entre les paliers commence par fléchir très visiblement, en décrivant un arc, et finit par se redresser spontanément à partir d'une certaine vitesse. Les frottements qui ont eu lieu au début dans les coussinets, en opposant une résistance sensible à la rotation, disparaissent en même temps; et les vibrations transmises à la masse sont insignifiantes.

Grâce aux vitesses périphériques considérables qu'on réalise dans la turbine de Laval, il est possible de transmettre une puissance relativement élevée avec un arbre excessivement faible. C'est ainsi que l'effort tangentiel sur une circonférence de 7^{cm} de rayon n'est guère supérieur à 4^{kg} lorsque la machine produit une puissance de 10 chevaux à 24000 tours par minute avec un arbre dont la partie la plus faible n'a que $4^{mm},5$. Malheureusement cette disposition de l'arbre ne paraît pas être applicable aux machines puissantes telles que celles qui sont aujourd'hui requises par l'industrie électrique.

Cet artifice si ingénieux en lui-même semble donc limiter à 300 chevaux la puissance qu'on peut demander à une turbine de Laval avec un seul disque.

Rendement des turbines de Laval. — Dès qu'on atteint une puissance suffisante les résultats pratiques obtenus avec cette turbine sont, paraît-il, très satisfaisants et se maintiennent avec le temps.

Voici d'après les constructeurs les résultats des essais effectués sur une turbine de Laval de 300 chevaux, conduisant un alternateur triphasé :

Pression de la vapeur à l'admission......	$12^{kg:cm^2}$
Vide au condenseur....................	70 pour 100

	Consommation de vapeur par kilowatt-heure.	
Puissance.	Vapeur humide (5 pour 100 d'humidité).	Vapeur sèche.
kw	kg	kg
226,6	10,54	10,13
117,9	10,43	11,17
82,1	12,55	12,16
44,7	11,76	15,25

Répartition des pertes. — M. Delaporte (*Revue de Mécanique*, 1902) a étudié la répartition des pertes d'énergie dans la turbine de Laval. Ses essais ont porté sur une machine de 200 chevaux.

Voici les résultats de ces essais :

Pression absolue de la vapeur à l'amont.	$10^{kg:cm^2},72$
Pression absolue de la vapeur à l'aval...	$0^{kg:cm^2},166$
Travail effectif en chevaux sur l'arbre..	$197^{chx},5$
Consommation de vapeur par cheval-heure............................	$6^{kg},90$

Les pertes se répartissent ainsi :

	chx
1° Frottement dans la roue dans la vapeur...	10,2
2° Frottement de paliers....................	2,5
3° Pertes dans le réducteur de vitesse.......	2
4° Divers..................................	1,1
	15,8

De sorte que la puissance réellement transmise à la roue motrice est de 197,5 + 15,8 chevaux ou 213,3 chevaux.

D'après le même auteur, le bilan calorimétrique de l'utilisation de la vapeur serait le suivant :

Énergie disponible dans 1^{kg} de vapeur......................	154^{Cal}
Pertes dans les ajutages (5 pour 100 de l'énergie disponible)..	8 chevaux
Pertes dans les aubes.........	33,7 ou 21 pour 100
Pertes par vitesse résiduelle à la sortie......................	12,8 ou 8,3 pour 100
L'ensemble des pertes s'élève donc à.........................	$54^{chx},5$

Soit 35,5 pour 100 de l'énergie disponible.

On remarquera la perte relativement considérable d'énergie dans les aubes.

Enfin M. Stodola (*Revue de Mécanique*, février 1904) pense que la perte admise pour les ajutages est trop faible et qu'il faut l'estimer à environ 15 pour 100.

Le rendement en énergie ne serait plus alors que de 55 pour 100.

Emploi des très hautes pressions. — La vapeur se détendant avant son arrivée sur la tur-

bine, dans des tuyères qu'il est facile de faire très résistantes, on conçoit qu'il soit possible d'employer, avec les turbines de Laval, de très hautes pressions. Suivant l'inventeur, en employant la vapeur à 100 atmosphères, on peut arriver à produire le cheval-heure dans des conditions économiques remarquables.

De très intéressantes expériences ont été faites dans ce sens à l'Exposition de Stockholm où des turbines de Laval étaient alimentées par des générateurs Serpollet fournissant la vapeur jusque 220 atmosphères.

L'eau était introduite dans ces générateurs à l'aide d'une pompe placée à l'extrémité d'un tube métallique de 25^{mm} de diamètre intérieur.

La vapeur s'échappait à l'autre extrémité et arrivait aux distributeurs sans rencontrer aucun récipient; on évitait ainsi toute cause de danger.

Le grand inconvénient d'une semblable disposition provenait de la réserve de vapeur qui était très faible, les fluctuations de la charge se faisant sentir sur la tension aux bornes de la dynamo. Pour y remédier on employait deux modes de réglage distincts et simultanés. Le premier avait pour but de faire varier l'admission de l'eau dans le générateur suivant la demande du courant, le second consistait à employer pour activer la combustion le tirage forcé obtenu au moyen d'un ventilateur calé sur l'arbre secondaire de la turbine; c'était le régulateur qui réglait à la fois l'admission de l'eau et l'activité de la combustion.

Emploi de la surchauffe. — Comme dans le cas des machines à pistons, la surchauffe apporte son appoint à une bien meilleure utilisation de la vapeur dans les turbines.

Une surchauffe même modérée améliore le rendement d'une turbine, mais c'est surtout par l'emploi de très hautes températures qu'on pourrra réaliser des économies très appréciables dans la consommation de vapeur.

Voici, à titre d'exemple, les résultats obtenus au moyen de la surchauffe avec une turbine de Laval de 30 chevaux par MM. les professeurs Lewicki et Hubler à l'École supérieure technique de Dresde ([1]).

TABLEAU.

Essai au frein à demi-charge et à pleine charge. Pression absolue de la vapeur à l'admission : 7^{atm}.
Nombre de tours par minute : 2000. Marche sans condensation.

	DEMI-CHARGE.		PLEINE CHARGE.	
	Vapeur saturée.	Vapeur surchauffée.	Vapeur saturée.	Vapeur surchauffée.
Température de la vapeur en degrés centigrades	164°	460°	164°	500°
Puissance au frein en chevaux	$21^{chx},4$	$24^{chx},5$	$44^{chx},1$	$51^{chx},9$
Consommation de vapeur par cheval-heure en kilogrammes	$21^{kg},6$	$14^{kg},1$	$17^{kg},7$	$11^{kg},5$
Consommation de chaleur (contenue dans la vapeur) par cheval-heure en calories	14160^{Cal}	11270^{Cal}	11610^{Cal}	9390^{Cal}
Température de sortie de la vapeur en degrés centigrades	100°	309°	100°	343°

Ce Tableau montre que la surchauffe a conduit à une économie de vapeur de 35 pour 100. Il montre également que la consommation de chaleur diminue dans les mêmes proportions pendant que le travail au frein augmente.

Ces résultats sont dus en partie à ce que la résistance à vide de la turbine diminue, quand on emploie des surchauffes croissantes.

On a constaté en effet que la résistance de la roue motrice tournant dans la vapeur saturée était de 3,3 chevaux et qu'elle tombait à 1,88 cheval dans la vapeur surchauffée à la température de 300° et à la pression atmosphérique.

Si la roue tourne dans un vide de 0,36 atmosphère, cette résistance s'abaisse à 0,60 cheval, ce qui prouve l'intérêt de la marche à condensation.

L. DRIN.

([1]) D'après M. Sosnowski (*Revue de Mécanique*).



ANALYSES ET COMPTES RENDUS (¹).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Méthode Bellet pour la détermination du débit d'une chute d'eau. (*L'Industrie électrique*, t. XIII, p. 229-230, 25 mai 1904).

On sait combien il est difficile de jauger le débit d'une chute; la méthode de M. Bellet permet, au moins dans des cas particuliers, de résoudre ce problème d'une manière très simple et avec une approximation atteignant 1 pour 100.

En voici le principe : Lorsqu'un réservoir se vide par une ouverture de section s sous une hauteur d'eau H, le débit d'écoulement D_0 est donné par

$$D_0 = ms\sqrt{2gH},$$

m étant le coefficient de contraction de la veine. Dans le cas où le réservoir, en même temps qu'il se vide, reçoit de l'eau arrivant avec une vitesse v, la hauteur d'eau qui règle l'écoulement se trouve augmentée d'une quantité h satisfaisant à la relation $v = \sqrt{2gh}$, de sorte que le débit prend alors la valeur

$$D = ms\sqrt{2g(H+h)} = ms\sqrt{2gH}\sqrt{1+\frac{h}{H}}$$

$$= ms\sqrt{2gH}\sqrt{1+\frac{v^2}{2gH}} = D_0\sqrt{1+\frac{v^2}{2gH}}.$$

On voit par cette égalité que la mesure du débit dans le cas général où le réservoir reçoit de l'eau en même temps qu'il en débite se ramène à la mesure de v et à celle du débit D_0 sous la même hauteur d'eau H, l'orifice d'admission étant alors fermé. Or, la détermination de v peut s'effectuer très simplement au moyen d'un flotteur ou d'un hydromètre (tube de Pitot, moulinet de Woltmann, etc.). Quant à la valeur de D_0 elle est égale au produit de la section horizontale s du réservoir par la vitesse d'abaissement du plan d'eau dans le réservoir. Pour avoir cette vitesse, on enregistre la variation du plan d'eau dans le réservoir (la vanne d'admission étant fermée) au moyen d'un crayon actionné par un flotteur et inscrivant son déplacement sur un cylindre tournant avec une vitesse uniforme connue : la tangente de l'angle β formé avec l'horizontale par la tangente à la courbe au point qui correspond à la hauteur d'eau H donne la vitesse cherchée. On a donc, en définitive,

$$(1) \qquad D = sk \operatorname{tang}\beta\sqrt{1+\frac{v^2}{2gH}},$$

k étant un coefficient dépendant de la vitesse de rotation du cylindre enregistreur.

Pour appliquer cette formule au jaugeage d'une chute actionnant une turbine on opère comme il suit : la turbine étant en charge, on attend que le régime permanent soit bien établi et l'on mesure la vitesse v d'arrivée de l'eau dans la chambre d'eau et en même temps, au moyen d'un manomètre, la pression réglant l'écoulement; de cette dernière mesure on déduit H (dont la valeur est inférieure à la différence de hauteur entre le niveau amont et le niveau aval, par suite de la perte de charge dans la conduite forcée de la turbine). Ensuite on surélève rapidement le déversoir de la chambre d'eau de manière que le niveau de l'eau dans cette chambre dépasse le niveau normal, on ferme brusquement la vanne d'admission et l'on met en fonction l'enregistreur de niveau, jusqu'à ce que le niveau soit redescendu un peu au-dessous du niveau normal; le tracé de la tangente à la courbe enregistrée au point qui correspond au niveau normal donne β.

Pour jauger un cours d'eau, on crée un réservoir artificiel au moyen de deux vannes noyées. On règle l'ouverture des vannes et, quand le régime permanent est établi, on mesure v et la hauteur H du niveau dans le réservoir intermédiaire au-dessus du niveau d'aval (supposé invariable, comme c'est le cas quand le cours d'eau débouche dans un lac). Ensuite, on ferme la vanne aval, pour surélever le plan d'eau, puis on ferme aussi rapidement que possible la vanne amont, on ramène la vanne aval dans la position normale et l'on met en fonction l'enregistreur de niveau, de manière à avoir β. Quant à la détermination de s, elle est plus délicate que dans le cas précédent.

Si le niveau d'aval n'est pas constant, la vanne d'aval est disposée au-dessus de ce niveau, de manière que l'écoulement se fasse dans l'air. Dans ce cas, la vitesse d'écoulement n'est plus égale à $\sqrt{2gH}$, et la

---

(¹) L'Office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXᵉ), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (Iᵉʳ). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt.

formule (1) n'est plus applicable. Toutefois, la méthode est encore applicable, à la condition de substituer à cette formule une autre, qui fait intervenir la forme et la position de l'orifice d'écoulement. Ainsi, si cet orifice est un rectangle dont les côtés horizontaux sont à des hauteurs z_0 et z_1 au-dessous du niveau dans le réservoir, l'application des lois connues de l'écoulement, par un tel orifice, conduit à la formule

$$D = sk \operatorname{tang}\beta \frac{(2gz_1 + v^2)^{\frac{3}{2}} - (2gz_0 + v^2)^{\frac{3}{2}}}{(2gz_1)^{\frac{3}{2}} - (2gz^0)^{\frac{3}{2}}}.$$

H. P.

Les moteurs à gaz dans les stations centrales. Avantages de l'exploitation des usines électriques conjointement à celle des usines à gaz, J.-R. BIBBINS. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 18 décembre 1903. (*Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXI, p. 239-371, mars 1904).

L'auteur a rassemblé des données concernant un certain nombre de stations centrales américaines fonctionnant par moteurs à gaz. Ces établissements sont situés dans des villes de 2000 à 20000 habitants; leurs puissances s'échelonnent de 85 à 840 chevaux. Tous produisent du courant alternatif simple ou polyphasé. Les génératrices électriques sont actionnées ordinairement par courroies, directement dans la plupart des cas, quelquefois par l'intermédiaire d'un arbre auxiliaire. Dans trois des installations citées, les moteurs à gaz sont accouplés directement aux alternateurs.

Conditions imposées aux machines motrices des stations centrales. — La première est la continuité du service. Le moteur à gaz ne laisse rien à désirer sous ce rapport : dans la plupart des installations considérées, les machines travaillent de 18 à 22 heures par jour. L'auteur cite même une usine élévatoire où 5 moteurs à gaz de 85 chevaux marchent à pleine charge sans aucun arrêt pendant toute la semaine; le dimanche seulement on les arrête à tour de rôle pour les visiter. Il va sans dire que les stations centrales d'électricité n'exigent jamais un service aussi parfaitement continu, puisqu'il faut avoir des machines de réserve pour les heures de forte charge.

On exige en second lieu un fonctionnement simple, pour que les frais de personnel soient peu élevés. Or les moteurs à gaz ne sont pas plus difficiles à conduire que les machines à vapeur; on peut, après un court apprentissage, confier des moteurs à gaz aux mécaniciens chargés jusqu'alors des machines à vapeur, quand on abandonne celles-ci.

Comme frais de premier établissement, le moteur à gaz peut se comparer à la machine à vapeur. Le moteur lui-même coûte plus cher qu'une machine à vapeur de même puissance, à cause du poids de métal plus grand, nécessité par les hautes pressions mises en jeu, mais cette inégalité est à peu près compensée par le prix du condenseur qu'on annexe d'ordinaire à la machine à vapeur. Quand on utilise une distribution de gaz d'éclairage ou de gaz naturel, le prix du matériel est bien inférieur à celui des machines à vapeur. Quand on a recours aux gazogènes, une installation de 1000 chevaux coûte à peu près le même prix en moteurs à gaz et en machines à vapeur.

Pour l'économie de combustible, le moteur à gaz est reconnu sans rival. Un moteur de 550 chevaux à 3 cylindres a donné comme rendement thermique, à pleine charge, 25 pour 100.

Avantages du moteur à gaz. — Les avantages du moteur à gaz, pour les stations centrales d'électricité, peuvent se résumer ainsi :

1. Consommation minima de combustible.
2. Rendement à faible charge plus élevé que dans les machines à vapeur de même puissance.
3. Frais de fonctionnement et d'entretien peu élevés.
4. Simplicité du matériel.
5. Peu de machines auxiliaires nécessaires.
6. Les pertes de chaleur après l'arrêt de la machine, les pertes pendant le service par rayonnement des conduites, etc., n'existent pas avec le moteur à gaz.
7. Mise en marche rapide.
8. L'eau de circulation peut être utilisée pour le chauffage.
9. On a toute facilité pour accroître l'installation.
10. Il n'y a de hautes pressions que dans le cylindre du moteur. Aucune explosion ne peut se produire ailleurs, puisqu'il faut un mélange en proportions définies.
11. Pendant les périodes de faible charge, on peut accumuler l'énergie sans grande dépense sous forme de gaz dans un gazomètre.
12. La division de la puissance totale en unités est plus facile avec les moteurs à gaz et permet une marche plus économique.

On arrive aujourd'hui facilement à coupler en parallèle les alternateurs actionnés par des moteurs à gaz. Trois installations citées par l'auteur se trouvent dans des conditions défavorables sous ce rapport, la charge du réseau électrique, qui alimente des moteurs d'induction, étant très variable. Dans ces usines, les moteurs sont directement accouplés aux alternateurs par un embrayage élastique

qui neutralise les variations périodiques de vitesse, et les pièces polaires des alternateurs sont munies d'amortisseurs en cuivre. D'une façon générale, une basse fréquence, une grande vitesse périphérique et une faible réactance de l'alternateur sont à recommander.

Gaz. — On peut employer pour les moteurs plusieurs sortes de gaz : gaz naturel, gaz de houille, gaz à l'eau, gaz à l'eau carburé, gaz de gazogène, gaz de four à coke, gaz de hauts fourneaux. Leurs pouvoirs calorifiques diffèrent beaucoup, mais au contraire les pouvoirs calorifiques des mélanges tonnants formés par chacun de ces gaz avec l'air sont à peu près égaux, sauf pour le gaz de gazogène et le gaz de hauts fourneaux. Ceux-ci donnent des mélanges tonnants d'un pouvoir calorifique notablement plus faible et par suite nécessitent de plus grands cylindres pour une puissance donnée.

Avec un charbon de qualité moyenne et un rendement de 80 pour 100 pour la fabrication du gaz, on peut obtenir un cheval-heure au frein pour 450^g de charbon.

Economie réalisée à l'usine. — Les moteurs, travaillant généralement fort au-dessous de leur charge normale, ne sont pas dans les meilleures conditions de rendement. La consommation de gaz par kilowatt-heure est, en moyenne, de $1^{m^3},15$. En adoptant un pouvoir calorifique moyen de 5600^{cal} par mètre cube pour le gaz de houille, le gaz à l'eau et le gaz mixte, la consommation de chaleur est de 6400^{cal} par kilowatt-heure. Le gaz consommé par le moteur est tarifé en moyenne à $0^{fr},06$ par mètre cube, prix presque toujours bien supérieur à son prix de revient pour les compagnies exploitant les deux industries à la fois; de sorte que l'usine électrique est pour l'usine à gaz une grande source de profits, d'autant plus que l'accroissement de production du gaz abaisse son prix de revient. Les frais de production s'élevant en moyenne à $0^{fr},035$ par mètre cube, le prix de revient moyen de l'énergie est de $0^{fr},041$ par kilowatt-heure, ce qui équivaut à $0^{fr},025$ par cheval-heure au frein, en admettant un rendement total de 80 pour 100.

La comparaison des frais d'exploitation de deux usines électriques, actionnées l'une par des machines à vapeur, l'autre par des moteurs à gaz, montre bien la supériorité de ces derniers. Ces deux usines génératrices furent exploitées séparément en même temps que l'usine produisant le gaz, pendant toute l'année 1902. Dans l'usine à vapeur, la dépense de charbon fut de $0^{fr},069$ par kilowatt-heure contre $0^{fr},037$ dans l'usine à moteurs à gaz, ce qui représente une économie de 45 pour 100, quoique le prix de la calorie produite par le gaz fût 3,4 fois plus élevé que le prix de la calorie produite par la houille. En admettant 7800 et 5600 pour les pouvoirs calorifiques du kilogramme de charbon et du mètre cube de gaz, il fallait 23000^{cal} par kilowatt-heure dans l'usine électrique à vapeur contre 7400 dans l'usine électrique à gaz, soit une économie de 68,5 pour 100.

La plupart des usines dont sont extraites ces moyennes sont de faible importance et situées dans des régions où le combustible est coûteux. Il va sans dire que des usines puissantes et utilisant un gaz combustible à bon marché donneraient des résultats bien meilleurs encore.

Combinaison d'une usine électrique et d'une usine productrice de gaz. — En accroissant le débit du gaz, cette combinaison réduit le prix de revient du mètre cube. Si l'économie nette ainsi réalisée suffit pour couvrir les charges fixes de l'usine électrique, on retire de l'ensemble un double profit : celui de l'usine électrique qui fonctionne plus économiquement que ses concurrentes actionnées par la vapeur, et celui de l'usine à gaz qui produit à meilleur compte qu'auparavant. La plus grande partie du bénéfice va généralement à l'usine à gaz.

Les résultats d'exploitation de 500 usines américaines produisant le gaz de houille, le gaz à l'eau et le gaz mixte conduisent aux conclusions suivantes :

1° Le prix de revient par mètre cube de gaz décroît à mesure que s'accroît la production. Cette décroissance est plus rapide pour le gaz de houille que pour le gaz à l'eau.

2° La décroissance du prix de revient par mètre cube est très marquée dans les petites usines produisant de 50000^{m^3} à 250000^{m^3} par an. Elle est maxima avec le gaz à l'eau, minima avec le gaz mixte.

3° Ce sont les petites usines à gaz de houille ou à gaz à l'eau, produisant moins de 250000^{m^3} par an, qui tirent le plus de bénéfice de l'annexion d'une usine électrique. Plus l'installation est petite, plus grand est le profit.

L'auteur cite dix entreprises exploitant avec succès une usine électrique en même temps qu'une usine à gaz et donne quelques chiffres se rapportant à l'une d'elles. L'usine électrique achète le gaz à un prix double de son prix de revient. L'usine à gaz réalise en outre une économie de $0^{fr},014$ par mètre cube, c'est-à-dire 60 pour 100 du prix de revient, en raison de l'accroissement de production dû aux moteurs à gaz. Le bénéfice total se monte ainsi à $0^{fr},04$ par mètre cube, soit près du double du prix de revient.

Dans la discussion qui a suivi cette Communication, M. Ralph D. MERSHON a remarqué qu'il ne suffit pas, pour comparer les moteurs à gaz avec

les machines à vapeur, de mettre en regard les dépenses de combustible faites par ces deux machines, Contrairement à ce qu'a dit M. Bibbins, le prix des moteurs à gaz est notablement plus élevé que celui des machines à vapeur. Il est vrai que les constructeurs américains demandent pour ces moteurs des prix déraisonnables, qui en retardent l'extension.

M. J.-B. Klumpp estime que l'auteur n'a pas montré tout l'avantage des moteurs à gaz en les supposant alimentés par une usine à gaz d'éclairage. C'est avec les gazogènes que les moteurs à gaz donnent les meilleurs résultats. P. L.

« Cavitation » dans la lubrification, par S. Skinner. (*Phil. Mag.*, VII, p. 330-336, avril 1904). — Sous ce vocable l'auteur désigne la formation de cavités vides dans les couches minces de liquides comprises entre deux surfaces mobiles. Ces cavités se forment plus facilement dans les liquides visqueux et il semble que c'est à cette circonstance que les liquides lubrifiants doivent leurs propriétés.

M. L.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : Behrend. USAP, 759210, 7 déc. 1903 (supports pour enroulements d'excitation). — Deutsch, BF, 340555, 19 février 1904 (perfect. aux dynamos). — Eulers. USAP, 758631, 26 sept. 1903 (porte-balais). — Foot. USAP, 758635, 16 sept. 1903 (génératrice à courant continu). — Germakian. USAP, 759096, 22 août 1903 (machine statique à frottement). — Newbold. USAP, 759122, 3 nov. 1903 (dynamo pour éclairage de wagon). — Plagnard. BF, 338783, 4 mai 1903 (multiplicateur d'énergie électrique). — Sautter, Harlé et Cie. BF, 340184, 4 fév. 1904 (compoundage des alternateurs). — The Hooven, Owens, Rentschler et Cie. BF, 330464, 16 fév. 1904 (système de ventilation des dynamos). — Thomson. USAP, 758157, 29 mai 1903 (procédé pour empêcher les étincelles entre balais).

Machines transformatrices : Guenet. BF, 340301, 9 fév. 1903 (trembleur rapide pour bobine). — Peck. USAP, 758684, 16 sept. 1903 (enveloppes à l'épreuve de l'humidité pour transformateurs). — Varley. USAP. 757523. 757524 et 757525, 30 déc. 1903 et 12 janv. 1904 (bobine d'induction); USAP, 757527, 20 janv. 1904 et BF, 340467, 16 fév. 1904 (trembleur pour bobines).

Piles : Anderson. USAP, 759740, 1er juin 1903 (pile). — Csanyi et de Barczay, BF, 339657, 16 janvier 1904 (pile). — Fabrik Elektrischer Zunder. BF, 339754, 21 janv. 1904 (piles sèches). — Reid. USAP, 757637, 3 août 1903 (pile). — Taillefer et Cie. BF, 340009, 28 janv. 1904 (électrodes en zinc).

Accumulateurs : Apple. USAP, 759058, 5 juin 1901. — Betts. USAP, 759065 et 759066, 17 août 1903. — Bijur, 757718, 10 fév. 1903. — Delplanque. BF, 339713, 19 janv. 1904. — Elieson. BF, 339808, 22 janv. 1904. — Fortun et Semprun. USAP. 759431, 30 sept. 1901. — Genard. BF, 340559, 19 février 1904. — Meserole. USAP, 757943, 13 juil. 1903. — Niblett. USAP, 759007, 5 fév. 1903. — Pescatore, BF, 339873, 25 janvier 1904. — Redmond. USAP, 758692, 20 sept. 1902. — Reed, USAP, 759550, 16 janv. 1901. — Société d'éclairage et d'applications électriques. BF, 340195, 5 fév. 1904 (fermeture de bac).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Densité de courant et tension les plus profitables pour les transmissions d'énergie, par Swyngedauw. Communication faite le 1er juin 1904 à la Société internationale des Électriciens.

Densité de courant la plus profitable. — Lorsqu'on envisage la question économique dans les transports d'énergie, le problème se présente sous deux formes différentes : 1° On veut amener en un lieu A une puissance P déterminée et il s'agit d'installer en un lieu B une usine génératrice de puissance P′ telle que le prix de revient de l'énergie en A soit minimum; 2° On dispose en B d'une usine génératrice de puissance P′ et il s'agit de transporter l'énergie de B en A, de façon à retirer de l'utilisation en A le plus grand bénéfice.

La solution du premier problème consiste à rechercher la densité de courant la plus économique d'après la règle bien connue de Lord Kelvin.

L'auteur étudie ici le second problème en recherchant la densité de courant la plus profitable pour le transport considéré. En pratique, ce deuxième problème est le plus fréquent et le plus rationnel.

En considérant le cas où le transport d'énergie comprend des transformateurs au départ et à l'arrivée, lorsque l'usine fonctionne, ses générateurs et ses transformateurs ont une puissance déterminée, la tension de transmission de l'énergie aux bornes du secondaire du transformateur de départ est également déterminée; il en est de même du facteur de puissance. Dans ces conditions, on démontre que le bénéfice de l'entreprise se traduit par l'équation (1)

$$(1)\quad \begin{aligned} B = {} & \left[P - \frac{k'+k''}{100}P + \frac{k'k''}{100^2}P - \left(\frac{1-k''}{100}\right)N r \frac{l}{s} i_c^2\right] T p_1 \\ & - P(\pi a + T p) - \left(P - \frac{k'}{100}P\right)\pi' a' \\ & - \left[P - \frac{k'+k''}{100}P \right. \\ & \qquad \left. + \frac{k'k''}{100^2}P - \left(\frac{1-k''}{100}\right)N r \frac{l}{s} i_c^2\right]\pi'' a'' \\ & - mlb - m'l - N nlsb - G, \end{aligned}$$

(1) Cette équation s'obtient aisément de la façon suivante : La puissance perdue en ligne étant évidemment égale à $N\frac{rli_c^2}{s}$, la puissance disponible aux bornes du primaire des transformateurs d'arrivée sera

$$P - \frac{k'}{100}P - N\frac{rli_c^2}{s}$$

et la puissance disponible aux bornes du secondaire de ces mêmes transformateurs deviendra

$$P - \frac{k'+k''}{100}P + \frac{k'k''}{100^2}P - \left(1 - \frac{k''}{100}\right)N r \frac{l}{s} i_c^2.$$

Par suite, la dépense annuelle d'amortissement des trans-

en appelant : P la puissance installée à l'usine génératrice; π le prix d'installation, en francs, par watt, des bâtiments, chaudières, moteurs, alternateurs, tableaux, etc. (transformateurs de départ non compris); a le taux de l'amortissement de l'usine génératrice; T la durée annuelle moyenne d'utilisation en heures; p le prix de revient du watt-heure produit à l'usine; $\frac{k'}{100}$ et $\frac{k''}{100}$ le pourcentage de la puissance transmise perdue dans les transformateurs de départ et d'arrivée; π' le prix d'installation d'un watt de transformateur à l'usine génératrice; a' le taux d'amortissement de celui-ci; π'' et a'' les mêmes grandeurs pour le transformateur de l'usine réceptrice; N le nombre de lignes de transmission; l la longueur d'une ligne; s la section d'une ligne; r la résistivité; i_e l'intensité efficace moyenne du courant de transmission; n le prix du cuivre de la ligne par unité de longueur et de section; b le taux de l'amortissement; ml la dépense d'installation du reste de la ligne; $m'l$ la dépense annuelle de surveillance de la ligne; G les frais généraux d'administration et divers; p_1 le prix de vente du watt-heure.

Dans l'équation (1), toutes les grandeurs sont déterminées à l'exception de la section s. On remarquera, en effet, que le courant i_e qui passe dans les lignes, se déduit de la puissance et de la tension.

formateurs d'arrivée sera le produit de cette équation par $\pi''a''$. De même, la dépense annuelle d'amortissement des transformateurs de départ aura pour valeur

$$\left(P - \frac{k'}{100}P\right)\pi'a'.$$

Comme autres dépenses, il y a à considérer la dépense annuelle due à l'amortissement de l'usine et égale à $P\pi a$, la dépense de production de l'énergie annuelle à l'usine PTp. Enfin, en ce qui concerne les dépenses annuelles dues à la ligne, mlb représente l'entretien annuel des poteaux et isolateurs, $m'l$ la dépense annuelle de surveillance de la ligne et $Nnlsb$ la dépense annuelle due au conducteur lui-même.

En appelant G les frais généraux, les dépenses totales annuelles A seront donc

$$(1)\quad A = P(Tp + \pi a) + \left(P - \frac{k'}{100}P\right)\pi'a' + \left[P - \frac{k'+k''}{100}P + \frac{k'k''}{100^2}P - \left(1 - \frac{k''}{100}\right)N\frac{rl}{s}i_e^2\right]\pi''a'' + mlb + m'l + Nnlsb + G.$$

Les recettes annuelles, provenant uniquement de l'énergie vendue, s'exprimeront par

$$(2)\quad \left[P - \frac{k'+k''}{100}P + \frac{k'k''}{100^2}P - \left(1 - \frac{k''}{100}\right)N\frac{rl}{s}i_e^2\right]Tp_1.$$

Il en résulte que le bénéfice de l'entreprise, différence entre les équations (2) et (1), a bien pour valeur celle B donnée ci-dessus.

Dans le cas des courants triphasés, i_e sera donné par

$$P = V_e i_e g\sqrt{3},$$

g étant le facteur de puissance.

De cette équation (1), on déduit, pour la densité de courant δ la plus profitable (1):

$$(2)\quad \delta = \frac{i_e}{s} = \sqrt{\frac{nb}{\left(1 - \frac{k''}{100}\right)r(Tp_1 - \pi''a'')}}.$$

Si l'on considère que $\frac{k'}{100}$ est de l'ordre de 0,02 à 0,03, que $\pi''a''$ est en général négligeable devant Tp_1, la densité la plus profitable prend la valeur simple

$$(3)\quad \delta = \sqrt{\frac{nb}{rTp_1}},$$

ce que l'on peut écrire aussi de la façon suivante, en se reportant au renvoi (1) :

$$(4)\quad Nr\frac{l}{s}i_e^2\,Tp_1 = Nnlsb,$$

et traduire par la loi suivante : Lorsqu'on se donne la tension de transmission de l'énergie au départ des lignes et la puissance installée à l'usine, la section la plus profitable à donner aux lignes de transmission est telle que le prix de vente d'une quantité d'énergie égale à l'énergie perdue en ligne est égal à l'amortissement des câbles qui la constituent.

Par exemple, pour une ligne en cuivre qui coûterait $n = 22^{fr},50$ le kilomètre de ligne aérienne de 1^{mm^2} de section (ce qui correspond à 2500^{fr} la tonne de cuivre à pied d'œuvre), amortie au taux $b = 0,08$, on obtiendrait comme densités les plus profitables :

Ampère par millimètre carré.	Prix de vente du kilowatt-an. fr
0,948	100
0,774	150
0,670	200
0,540	300
0,424	500

en prenant pour la résistance r la valeur 20 ohms par kilomètre et par millimètre carré de section.

(1) En effet, pour rendre maxima les bénéfices, il faut évidemment rendre minimum la somme des termes soustractifs qui dépendent de la section s, c'est-à-dire

$$\left(1 - \frac{k''}{100}\right)\frac{Nrl}{s}i_e^2(Tp_1 - \pi''a'') + Nnlsb.$$

Comme les deux termes de cette somme ont un produit constant, la somme est minimum quand les deux termes sont égaux, ce qui conduit bien, en résolvant cette égalité à l'équation (2) ci-dessus.

Dans le cas de câbles isolés pour canalisations souterraines, dont le coût est double, les densités ci-dessus sont par conséquent à multiplier par $\sqrt{2}$.

La densité que l'on choisit en général est la densité la plus économique de Lord Kelvin, celle qui conduit au minimum de dépenses annuelles et qui s'exprime par

$$\delta' = \sqrt{\frac{nb}{r(\mathrm{T}p + \pi a + \pi' a')}},$$

dans laquelle $\mathrm{T}p + \pi a + \pi' a'$ représente la dépense totale de production du watt-an à l'usine. On voit que la densité la plus favorable est plus petite que la densité la plus économique. Tandis que cette dernière est indépendante de la longueur de la ligne, de tous les frais généraux et divers autres que ceux de l'usine génératrice, la densité la plus favorable dépend du prix de vente et par suite, implicitement, de la longueur de la ligne, des frais généraux, etc

Il convient de remarquer que la densité de courant la plus favorable doit croître avec le développement de l'usine, puisque, immédiatement après l'installation d'une nouvelle unité, l'énergie à fournir n'ayant pas changé, la durée moyenne d'utilisation devient plus petite. En pratique, les choses se passent bien ainsi, car la puissance transportée augmentant en même temps que la puissance installée, la densité de courant augmente également avec cette dernière.

Cette densité étant variable au fur et à mesure du développement de l'usine, on aura intérêt à installer un nombre de lignes de plus en plus grand au fur et à mesure des besoins en choisissant pour chaque état déterminé du développement de l'usine la densité la plus économique.

Les densités de courant calculées ici sont les densités moyennes annuelles. A certains moments, la densité du courant étant notablement supérieure à la densité moyenne, il faut que le conducteur puisse supporter cette densité sans danger. Il n'y a rien à craindre de ce côté, car les densités les plus favorables sont très inférieures aux densités dangereuses.

Tension la plus favorable. — L'amortissement des transformateurs pouvant être négligé dans le calcul de la densité de courant la plus profitable, celle-ci étant choisie, on peut se demander quelle est, pour un transport d'énergie à une distance donnée, la tension de transmission la plus profitable. Les génératrices étant choisies, on sait que le rendement de la ligne est d'autant meilleur que la tension de transmission est plus élevée. Comme d'un autre côté le prix des transformateurs au départ et à l'arrivée croît avec la tension choisie, on conçoit qu'il existe une tension la plus favorable.

En appelant π' le prix d'installation du watt de transformateur pour un rapport de transformation égal à l'unité, V la tension en volts et f l'accroissement du prix par watt et par volt, le prix du transformateur de puissance P s'exprimera par

$$\mathrm{P}\pi'(1 + f\mathrm{V}).$$

Si l'on remplace $\mathrm{P}\pi'$ et $\mathrm{P}\pi''$ par ces valeurs et i_e par δs, le bénéfice de l'entreprise devient :

$$(5)\quad \begin{aligned} \mathrm{B} = {} & \left[\mathrm{P} - \frac{k'+k''}{100}\mathrm{P} + \frac{k'k''}{100^2}\mathrm{P} - \left(1 - \frac{k''}{100}\right)\mathrm{N}rls\delta^2\right]\mathrm{T}p_1 \\ & - \mathrm{P}(\pi a + \mathrm{T}p) - \left(\mathrm{P} - \frac{k'}{100}\mathrm{P}\right)\pi' a'(1 + f\mathrm{V}') \\ & - \left[\mathrm{P} - \frac{k'+k''}{100}\mathrm{P} + \frac{k'k''}{100^2}\mathrm{P} - \left(1 - \frac{k''}{100}\right)\mathrm{N}rls\delta^2\right] \\ & \times \pi'' a''(1 + f\mathrm{V}'') - mlb - m'l - \mathrm{N}nlsb - \mathrm{G}, \end{aligned}$$

équation dans laquelle

$$(6)\qquad \left(\mathrm{P} - \frac{k'}{100}\mathrm{P}\right) = \mathrm{V}' s\delta g'.$$

Mais cette équation peut se simplifier si l'on remplace V′ et V″ tensions au départ et à l'arrivée par une tension moyenne V.

Pour rendre B maximum, il faut rendre minimum la somme des termes soustractifs dépendant de V et de s. En ne faisant pas figurer le terme

$$\left(1 - \frac{k''}{100}\right)\mathrm{N}rls\delta^2\pi'' a'' f\mathrm{V},$$

qui renfermant le produit Vs est constant d'après (6), cette somme a pour valeur

$$(7)\quad \begin{aligned} & \left(1 - \frac{k''}{100}\right)\mathrm{N}rls\delta^2(\mathrm{T}p_1 - \pi'' a'') \\ & + \left(\mathrm{P} - \frac{k'}{100}\mathrm{P}\right)\pi' a' f\mathrm{V} \\ & + \left(\mathrm{P} - \frac{k'+k''}{100}\mathrm{P} + \frac{k'k''}{100^2}\mathrm{P}\right)\pi'' a'' f\mathrm{V} + \mathrm{N}nlsb. \end{aligned}$$

On en déduit, pour la tension la plus profitable, la valeur [1]

$$(8)\qquad \mathrm{V} = \sqrt{\frac{2\mathrm{N}nlb}{(\pi' a' + \pi'' a'')f\delta g'}}.$$

---

[1] En effet, si l'on transmet l'énergie à la densité la plus favorable δ, on a la relation

$$\left(1 - \frac{k''}{100}\right)r\delta^2(\mathrm{T}p_1 - \pi'' a'') = nb.$$

Il en résulte que l'équation (7) ci-dessus prend la forme
$2\mathrm{N}nlsb$

$$+ \left[\mathrm{P} - \left(1 - \frac{k'}{100}\right)\pi' a' + \mathrm{P}\left(1 - \frac{k'+k''}{100} + \frac{k'k''}{100^2}\right)\pi'' a''\right]f\mathrm{V}.$$

Comme cette somme se compose de deux termes dont le

Cette équation permet d'énoncer la loi suivante : La tension la plus profitable est en particulier proportionnelle à la racine carrée de la distance et indépendante de la puissance (si elle ne fait pas varier le prix des transformateurs).

D'autre part, la condition (1) du dernier renvoi peut s'énoncer comme suit : Si l'on se donne la densité du courant à transmettre, la tension la plus favorable de transmission de l'énergie est telle que l'amortissement de l'augmentation de prix des transformateurs de départ et d'arrivée dû à l'accroissement de la tension est égal au double de l'amortissement des câbles qui transmettent le courant.

D'après les différents constructeurs le facteur f varie de 2.10^{-5} à $1,6.10^{-6}$. Si l'on prend comme exemple une transmission à courants triphasés avec un facteur de puissance 0,75 tel que $g' = 0,75\sqrt{3} = 1,3$, avec $N = 3$ fils de ligne, $n = 22^{fr},5$ le kilomètre de fil de 1^{mm^2} de section amorti au taux $b = 0,08$, pour $f = 2.10^{-5}$ et pour une distance de 1^{km} avec la densité 1, la tension de transmission est de 7825 volts en supposant les transformateurs de départ et d'arrivée amortis au taux $a' = a'' = 0,1$ et revenant à un prix moyen de $\frac{\pi' + \pi''}{2} = 30^{fr}$ le kilowatt installé. Cette tension devient 4263 volts avec des transformateurs à 100^{fr} le kilowatt moyen et 3011 volts avec des transformateurs à 200^{fr} le kilowatt moyen installé.

Il en résulte que dans ce cas la tension la plus profitable est bien au-dessous de la plus haute tension pratiquement réalisable, et ce ne sont pas les conditions physiques mais les conditions économiques qui limitent la tension.

Au contraire, en adoptant $f = 1,6.10^{-6}$, dans les mêmes conditions que ci-dessus, la tension est de 27000 volts pour un prix moyen de 30^{fr} le kilowatt, 15000 volts pour 100^{fr} et 10660 volts pour 200^{fr} le kilowatt de transformateurs.

Dans ce dernier cas, il est rationnel, pour une distance de quelques dizaines de kilomètres, d'employer une tension de transmission aussi élevée que possible limitée uniquement par les conditions physiques.

L. Jumau.

---

produit est constant, elle est minimum quand les deux termes sont égaux. En négligeant $\frac{k'}{100}$ et $\frac{k''}{100}$ devant l'unité, il vient alors

(1) $$2Nnlsb = P(\pi' a' + \pi'' a'')fV.$$

D'où l'on tire la valeur de V donnée par l'équation (8) ci-dessus en remplaçant P par sa valeur $P = Vs\delta g'$.

Formules permettant de calculer la capacité des conducteurs aériens et des câbles, par Léo LICHTENSTEIN. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 106 et 124, 11 et 18 février 1904).

Dans ce long travail, l'auteur s'est proposé de déterminer la capacité des câbles à l'aide de considérations purement mathématiques; grâce à une application ingénieuse de la méthode *des images* de lord Kelvin, il est parvenu à établir un certain nombre de formules susceptibles de rendre de grands services aux électriciens; nous les publions ci-dessous en laissant de côté la partie théorique de l'article. Nous désignons par :

r, le rayon du conducteur;

C, la capacité kilométrique en microfarads;

Q, la charge kilométrique en coulombs;

V, le potentiel absolu de chaque conducteur, et E la différence de potentiel ou tension du circuit considéré; s'il s'agit de courants triphasés, E représente toujours la tension simple ou tension étoilée efficace. Nous indiquerons dans chaque cas la relation qui donne V en fonction de E.

1° *Deux conducteurs aériens parallèles.* — Courant continu ordinaire et courant alternatif simple :

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{1}{36 \operatorname{Log} \frac{d}{r}},$$

$2V = E$; d, distance des conducteurs d'axe en axe.

2° *Ligne aérienne triphasée.* — Les trois conducteurs aboutissent aux trois sommets d'un triangle équilatéral de d^{cm} de côté; il n'y a pas de fil neutre ou bien il est mis à la terre :

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{1}{18 \operatorname{Log} \frac{d}{r}},$$

$V = E$.

3° *Câble à deux conducteurs.* — L'enveloppe est mise à la terre :

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{k}{36 \operatorname{Log}\left(\frac{2a}{r}\,\frac{R^2 - a^2}{R^2 + a^2}\right)},$$

$2V = E$; R représente le rayon intérieur de l'armature; a, la distance d'axe en axe des conducteurs en centimètres, et k, la constante diélectrique.

4° *Câble triphasé.* — L'enveloppe est mise à la terre :

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{k}{9 \operatorname{Log}\left[\frac{3a^2}{r}\,\frac{(R^2 - a^2)^3}{R^6 - a^6}\right]}.$$

$V = E$; a, distance de l'axe des conducteurs à l'axe du câble.

5° *Câble monophasé concentrique.* — L'enve-

loppe est mise à la terre:

$$C_1 = \frac{Q_i}{\frac{E}{2}} = \frac{k_1}{9 \operatorname{Log} \frac{r_2}{r_1}},$$

$$C_2 = -\frac{Q_e}{\frac{E}{2}} = \frac{k_1}{9 \operatorname{Log} \frac{r_2}{r_1}} + \frac{k_2}{18 \operatorname{Log} \frac{r_4}{r_3}},$$

$$V = \frac{E}{2}.$$

Dans ces deux formules, les différentes lettres représentent respectivement :

Q_i et Q_e, les charges kilométriques en coulombs des conducteurs intérieur et extérieur; r_1, rayon du conducteur intérieur; r_2 et r_3, rayons intérieur et extérieur du conducteur extérieur; r_4, rayon intérieur de l'enveloppe; k_1 et k_2, constantes diélectriques des isolants entre les conducteurs d'une part, et, d'autre part, entre le conducteur extérieur et l'armature en plomb. On suppose que l'équilibre électrique est obtenu avec du courant continu de tension correspondante E. Avec des courants mono- ou triphasés, les intensités efficaces des courants de charge pour les cas 1 à 4 inclusivement se déterminent par la formule

$$I = 2\pi f C E l \times 10^{-6} \text{ amp : km}.$$

Pour des câbles concentriques, l'intensité efficace du courant de charge du conducteur intérieur est

$$I_i = 2\pi f C_1 \times \frac{E}{2} \times l \times 10^{-6} \text{ amp : km},$$

et celle du courant extérieur est

$$I_e = 2\pi f C_2 \times \frac{E}{2} \times l \times 10^{-6} \text{ amp : km}.$$

Dans ces relations, f désigne la fréquence du courant de charge et l la longueur du câble en kilomètres; en outre, ces relations sont établies en supposant que l'un des conducteurs est à la terre. Pendant le fonctionnement, le potentiel du conducteur extérieur est

$$Q_{e,2} \times \frac{2 \operatorname{Log} \frac{r_4}{r_3}}{k_2},$$

$Q_{e,2}$ étant la charge statique initiale communiquée au conducteur extérieur; le potentiel du conducteur intérieur varie entre

$$V_a + \frac{E\sqrt{2}}{2} \quad \text{et} \quad V_a - \frac{E\sqrt{2}}{2},$$

E étant la valeur efficace de la tension.

Comme application, proposons-nous de calculer la capacité et le courant de charge de quelques câbles. Soit un câble triphasé avec $r = 0^{cm},5$, $R = 2^{cm},5$, $a = 1^{cm},3$; d'après la formule du paragraphe 4°, on a

$$C = \frac{k}{9 \operatorname{Log}\left[\frac{3 \times 1,7}{0,25} \frac{(6,25 - 1,7)^3}{245 - 4,85}\right]} = 0,053\, k \frac{\text{microfarad}}{\text{kilomètre}}.$$

Pour la paraffine $k = 2$, et l'on a

$$C = 0,106 \frac{\text{microfarad}}{\text{kilomètre}}.$$

Le courant de charge, en supposant la fréquence $f = 50$, la longueur $l = 1^{km}$ et la tension $E = \frac{10000}{\sqrt{3}}$ volts,

$$I = 2\pi \times 50 \times 0,106 \times \frac{10000}{\sqrt{3}} \times 1 \times 10^{-6}$$
$$= 0,192 \text{ ampère par kilomètre.}$$

La formule (3), appliquée à un câble dont les constantes sont $r = 0^{cm},5$, $a = 1^{cm}$, $R = 2^{cm}$, donne

$$C = \frac{k}{36 \operatorname{Log}\left(\frac{2}{0,5} \frac{4-1}{4+1}\right)} = 0,032\, k \frac{\text{microfarad}}{\text{kilomètre}}.$$

Si $k = 2$ (paraffine), on a $C = 0,064$. En prenant la tension étoilée $E = 10000$ volts, les autres lettres conservant les mêmes valeurs que dans l'exemple précédent, le courant de charge en ampères devient

$$I = 2\pi . 50 . 0,064 . 10000 . 10^{-6} = 0,2 \text{ amp. : km}.$$

B. K.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : PECK. USAP. 758683, 8 août 1903 (système de distribution avec convertisseurs rotatifs).

Canalisations : *Conducteurs* : FULLER et WALSH. USAP. 758057, 16 oct. 1902. — MC GEORGES. USAP. 759119 et 759120, 10 sept. 1902 et 17 mars 1904. — AMMON. BF. 339901, 26 janv. 1904 (procédé pour recouvrir du fil métallique plat). — BURRI, POTTERAT et WEILER. BF. 339948, 27 janv. 1904 (pinces pour serrer les fils). — *Supports et conduites* : LOCKE. USAP. 758324, 24 janv. 1903 (support). — WEY. USAP. 758324, 24 janv. 1903 (support de câbles). — CUTTER. USAP. 758175, 11 déc. 1902 (isolateur). — OSBORNE. USAP. 757765, 15 août 1903 (isolateur). — LOCKE. USAP. 758986 11 nov. 1901 (isolateur tubulaire). — HILLIARD. USAP. 758179, 16 juin 1903 (support d'isolateur). — *Isolant* : BECHTOLD. USAP. 758165, 22 juin 1903.

Prises de courant : BOUCHET. BF. 340458, 15 fév. 1904 (borne perfectionnée). — ROSEN. BF. 340158, 3 fév. 1904 (cloche d'amenée du courant pour câbles).

Interrupteurs : DAVIS. USAP. 758621, 13 sept. 1902. — SCOTT. USAP. 758938, 31 juillet 1903.

Commutateurs : BAER. USAP. 759586, 9 nov. 1903. — CADDED. USAP. 759237, 15 juin 1903. — CHURCH. USAP 757541, 17 juin 1903. — FAUROTE. USAP. 759600, 14 mars 1903. — FERGUSSON. USAP. 758306, 16 déc. 1902. — HOPEWELL. USAP. 757925, 7 oct. 1903. — HOUGHTON. USAP. 757809, 30 déc. 1903. — MAC DEWITT. USAP. 757830, 26 sept. 1903. — NEWBOLD. USAP. 759121, 19 août 1903. —

RESBY. USAP. 758478, 25 juin 1903. — SKIRROCK. USAP. 757785, 16 déc. 1903. — TRUMBULL. USAP. 758120, 18 juil. 1903. — WHITTINGHAM. USAP. 757853, 29 octobre 1903.

Coupe-circuit : AMERICAN ELECTRIC TELEPHON CY. BF. 340654, 340655 et 340656, 23 fév. 1904 (coupe-circuit thermo-électrique). — CLAUSEN. USAP. 757884, 18 juillet 1903. — NORTHALL. USAP. 757564, 20 mars 1903. — SETTER. USAP. 757971, 757972, 5 août 1903.

Parafoudres : BARCLAY. USAP. 759796, 9 sept. 1903. — BLOOD. BF. 340279, 9 fév. 1904 (disp. pour emp. la formation d'arcs voltaïques). — GAW. USAP. 758638, 3 juin 1903. — SHORT. USAP. 757782, 11 fév. 1902 (rupt. d'arc électrique).

Fusibles : COREY. USAP 758172, 2 sept. 1902. — HEANY. USAP. 758646, 758647, 758649, 12 et 14 oct. 1903. — PARVILLÉE. BF. 339757, 21 janv. 1904 (protecteur articulé pour canalisation électrique).

Résistances et rhéostats : BARCLAY. USAP. 759797, 18 nov. 1903. — BROWN. USAP. 757880, 21 avril 1903. — SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES. BF. 340386 11 fév. 1904 (pertes dans les rhéostats à ailettes). — STOREY. USAP. 757687, 2 sept. 1903. — YATES. USAP. 758164, 16 août 1901.

Appareils divers : BISHOP. USAP. 759414, 4 sept 1902 (prise de terre). — GUENÉE. BF. 340397, 12 fév. 1904 (amortissement de self-induction de courant). — TINGLEY. USAP. 757515 à 757518, 9 mai 1896, 24 avril 1900 et 4 février 1901 (régulateur).

TRACTION.

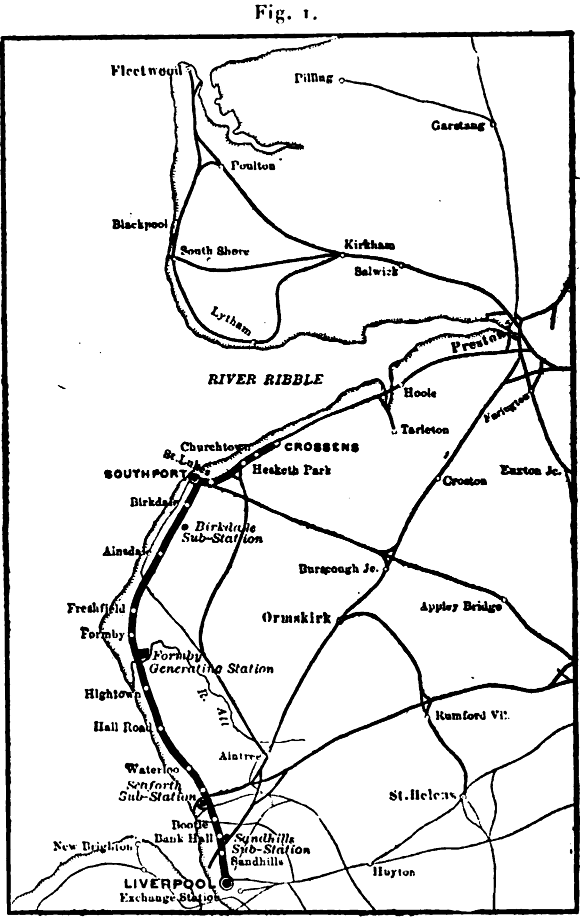
La traction électrique sur la ligne de Liverpool à Southport et à Crossens. (*Electrical Review*, vol. 54, p. 453-454 ; p. 507-511 ; p. 547-551 ; p. 627-630, 18 et 25 mars, 1er et 15 avril 1904. — *Engineering*, t. LXXVII, p. 386-390, 18 mars 1904. — *The Engineer*, p. 275-278 ; p. 321-322 ; p. 338-340 ; p. 357-358 ; p. 388, 18 mars au 15 avril 1904. — *Street Railway Journal*, t. XXIII, p. 496-510, 2 avril 1904. — *The Tramway and Railway World*, t. XV, p. 353-374, 14 avril 1904).

Le Lancashire and Yorkshire Railway a procédé en moins d'un an à l'équipement électrique de sa ligne de Liverpool à Southport et Crossens, de 37km,6 de long, précédemment exploitée à vapeur, et sans interrompre en rien le service ordinaire des trains ; un train d'essai a circulé sur la ligne le 22 mars dernier, et le service régulier des trains électriques a commencé le 5 avril dernier.

Southport est un lieu de résidence très fréquenté, situé sur le bord de la mer (*voir* carte de la *fig.* 1), à 30km de Liverpool qui se trouve seulement, on le sait, sur l'estuaire de la rivière Mersey ; le trafic, presque uniquement de voyageurs, est très intense sur cette ligne, spécialement dans les 12km compris entre Liverpool et Hallroad où l'on rencontre 8 stations.

Le service à vapeur qui comprenait 74 trains par jour dans chaque sens, dont 36 allant à Southport (17 seulement à Crossens), et qui absorbait à lui seul 2 quais de la gare de Liverpool, était devenu insuffisant, et il n'était pas possible d'augmenter le nombre des départs et des arrivées de trains à

Fig. 1.



Plan du réseau.

vapeur sans doubler les voies et sans agrandir la gare de Liverpool, à cause du temps nécessité par les manœuvres de mise en tête de la locomotive du train partant et de dégagement de la locomotive en cul-de-sac ayant amené précédemment le train arrivant. Ces grosses dépenses de remaniement de la gare de Liverpool ont pu être évitées grâce à l'emploi de la traction électrique qui permet aux trains d'être commandés indifféremment des deux bouts, sans exiger l'attelage d'aucune locomotive, et par suite de repartir quelques minutes après leur arrivée. C'est cette considération qui a décidé la Compagnie, sur la proposition du directeur général, M. Aspinall, à faire la transformation, dont le coût total s'est élevé en gros à 10 millions de francs. La ligne, qui ne comporte aucune courbe raide et qui

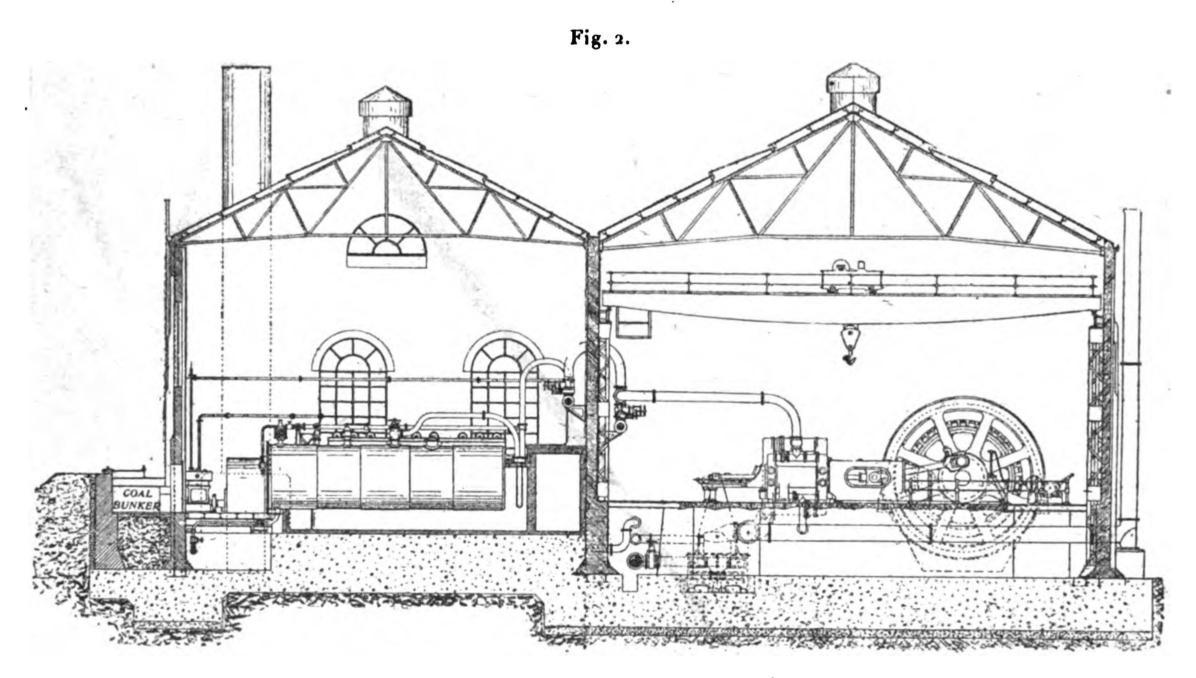
(1) Depuis, le service des trains électriques a été supprimé, un affaissement des fondations de l'usine génératrice s'étant produit et ayant nécessité l'arrêt des machines motrices.

est presque plate, se prêtait d'ailleurs très bien à une augmentation de vitesse. Le service électrique comprend 45 trains de plus dans chaque sens, dont 29 allant jusqu'à Southport et Crossens, et 16 allant seulement à Hallroad ; les nouveaux trains sont d'ailleurs moins longs que les anciens. Le trajet en train omnibus, de Liverpool à Hallroad, est réduit de 25 à 17 minutes, et celui de Liverpool à Southport, de 54 à 37 minutes. La durée du trajet en train express de Liverpool à Southport est restée la même, 25 minutes, mais on trouve dans chaque direction un express par heure au lieu de 4 à 5 par jour. Il est juste de noter que cette réduction des trajets n'est pas due entièrement à l'emploi de la traction électrique, mais aussi à une réduction des arrêts dans les gares provenant de l'emploi de voitures à couloir dans lesquelles on fait entrer les voyageurs à un bout et sortir à l'autre (¹); en outre, on ne prendra pas, dans les trains électriques, les bagages un peu volumineux qui seront transportés par un fourgon spécial faisant de nombreux voyages entre Liverpool et Southport.

L'énergie électrique, au lieu d'être empruntée à une société d'éclairage indépendante, comme à Newcastle (¹), est produite par la Compagnie du chemin de fer elle-même à Formby (voir *fig.* 1), à peu près au milieu de la ligne, à 16^{km} de Liverpool, sous forme de courants triphasés à 7500 volts. Ces courants sont envoyés à 4 sous-stations, dont une dans la dépendance même de la centrale de Formby, une à Bukdale, près de Southport, et 2 autres à Seaforth et Sandhill, dans le voisinage de Liverpool (à 6^{km} et 3^{km},2 de cette ville), où la demande de courant est la plus forte. Les courants triphasés à haute tension sont transformés dans ces sous-stations en courant continu à 650 volts, distribué sur la voie par un rail isolé.

La Compagnie du Lancashire and Yorkshire a confié toute l'installation de la ligne électrique à la maison Dick, Kerr et Cie de Londres (qui possède des ateliers à Kilmarnoch en Écosse et à Preston, près Liverpool), sauf les voitures qu'elle a construites elle-même dans ses ateliers d'Horwich. Voici la description des diverses parties de l'installation; les figures qui l'accompagnent ont été faites d'après des photographies fournies obligeamment par la maison Dick, Kerr et Cie.

Fig. 2.



Coupe de l'usine génératrice de Formby.

STATION GÉNÉRATRICE. — Cette usine, bâtie en briques et fer, et située au bord de la rivière Alt, comprend 2 fermes accolées de 9^{m} de long et 24^{m} ou 20^{m} de large, l'une pour la salle de chauffe et l'autre

(¹) Cette mesure, excellente en principe, a été essayée au début sur le Métropolitain de Paris et n'a pu y être maintenue; si elle réussit à Liverpool cela prouvera que les voyageurs anglais sont plus dociles aux règlements que les Parisiens.

(¹) Voyez *La Revue électrique*, t. I, p. 157, 30 mars 1903.

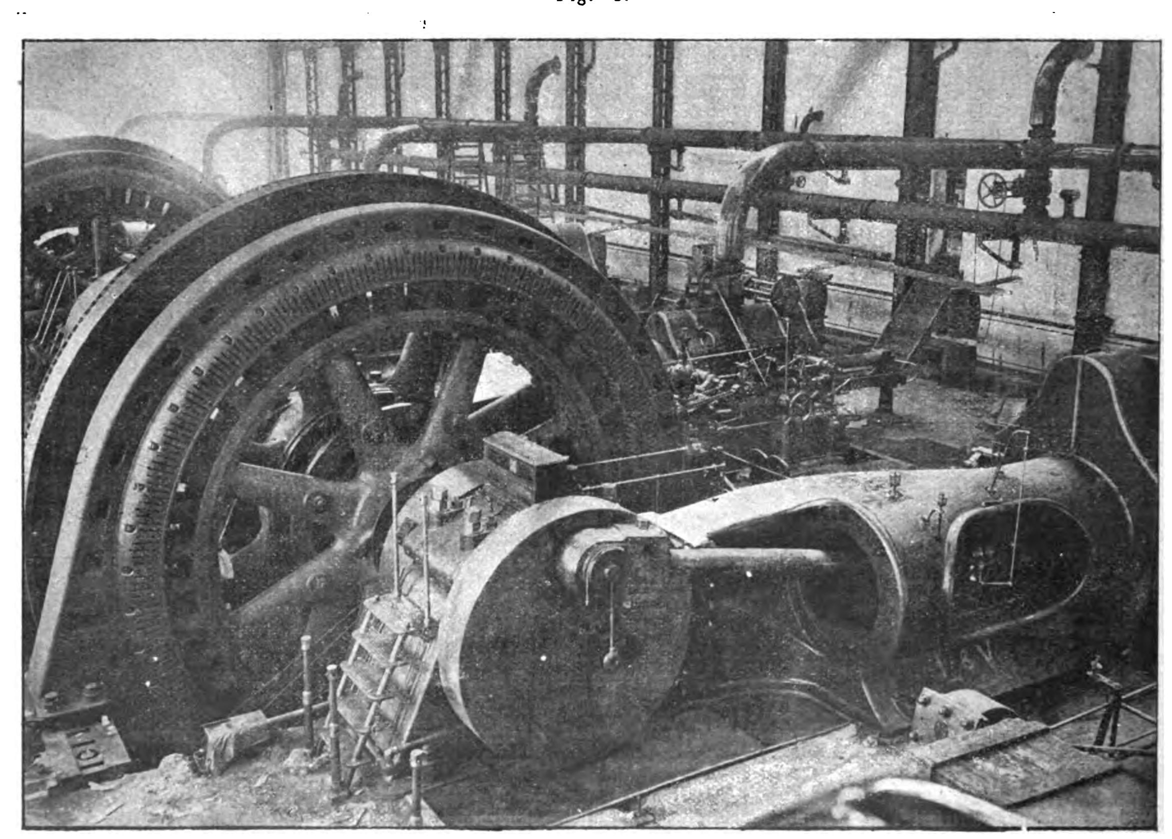
pour la salle des machines (*fig.* 2). Dans l'équipement de l'usine on n'a pas voulu faire usage d'appareils délicats tels que chargeurs mécaniques de combustibles, et l'on s'est appliqué à n'employer que des organes robustes, peu sujets à dérangement et d'un entretien peu onéreux. La chaufferie contient une rangée de 16 chaudières à bouilleurs du type Lancashire, construits par la maison Yates et Thorn, pour une pression normale de 18 kg : cm², avec injection d'air provenant de deux ventilateurs mus par de petits moteurs à vapeur horizontaux à 175 tours par minute. Les gaz de la combustion se rendent dans deux économiseurs Green de 720 tubes et de là à une cheminée centrale; la vapeur sortant des bouilleurs passe dans des surchauffeurs type Galloway, mais peut au besoin être dirigée directement sur le collecteur de vapeur.

La salle des machines est occupée, sur les deux tiers de sa longueur, par les groupes générateurs principaux de 1500 kilowatts.

Dans le bout de la salle se trouvent un groupe générateur auxiliaire de 750 kilowatts, trois groupes d'excitation, une série de transformateurs et convertisseurs formant sous-station, et enfin le tableau général de distribution.

Les moteurs à vapeur de 1600 poncelets des groupes générateurs sortent, comme les chaudières, des ateliers Yates et Thom. Ce sont des machines horizontales compound à soupapes, dont les cylindres, situés de part et d'autre de l'alternateur, ont 1m,60 et 0m,80 de diamètre et 1m,35 de course. La vitesse est de 75 tours par minute. Les bielles sont fixées à deux boutons de manivelle, sur lesquels est monté l'arbre portant le rotor de l'alternateur et un volant de 7m,30 boulonnés ensemble (*voir* sur la figure 3 la photographie d'un groupe électrogène). Le tout est très massif : le bâti de chacun des cylindres, lesquels sont venus de fonte, pèse 13 tonnes; chacun des 2 paliers, 10 tonnes; chacun des deux plateaux de manivelle 4 tonnes et chacune des manivelles 15 tonnes. Chaque moteur est muni d'un condenseur à injection disposé en sous-sol et composé de 2 pompes commandées par le prolongement des tiges de piston.

Fig. 3.



Vue d'un des groupes électrogènes de 1600 poncelets.



L'inducteur mobile de l'alternateur, qui pèse 21,5 tonnes, porte 40 pôles de section ovale, fixés par boulons sur 2 couronnes en T reliées à l'arbre par 8 bras doubles; les pièces polaires sont formées de tôles d'acier comportant au milieu un conduit de ventilation; les bobines sont constituées par des bandes plates de cuivre enroulées sur gabarit; le courant d'excitation est amené par 3 bagues isolées à l'ébonite. L'induit fixe, qui pèse 33 tonnes, est formé par un bâti en U à l'intérieur duquel sont fixés les paquets annulaires de tôles, isolées au papier et percées d'encoches à demi fermées; des barres de cuivre, isolées et logées dans les encoches, forment un enroulement triphasé en étoile, avec centre à la terre; deux canaux de ventilation sont ménagés dans les tôles d'induit. La tension étoilée est de 7500 volts et la fréquence de 25 périodes.

L'alternateur de 750 kilowatts est construit de la même manière que ceux de 1500 kilowatts, et a la même fréquence, mais il tourne plus vite : 94 tours par minute. Il est placé entre les deux cylindres compounds, verticaux cette fois, d'un moteur Yates et Thom.

Les groupes excitateurs de 100 kilowatts se composent chacun d'une machine Willans à grande vitesse, faisant 318 tours par minute, directement couplée à une dynamo à courant continu à 125 volts.

Le tableau de distribution principal comprend 33 panneaux de $0^m,60$, disposés sur une galerie en premier étage au-dessus d'une galerie en rez-de-chaussée, constituant une chambre incombustible, en fer et ciment, où sont réunis tous les organes à haute tension. Les courants triphasés à 7500 volts sont amenés des 3 bornes terminales en porcelaine placées au sommet de chaque alternateur au tableau par un câble sous plomb, à 3 conducteurs isolés au papier, logé dans une conduite souterraine aboutissant dans la chambre de haute tension à un interrupteur à huile, manœuvré de l'avant du tableau par un grand levier à main et non par servo-moteur électrique ou pneumatique ; ces interrupteurs principaux sont reliés à 3 barres omnibus en cuivre nu montées sur isolateur et d'où partent les fideurs menant aux sous-stations. Les connexions placées derrière le tableau sont établies en câbles isolés fortement au caoutchouc; le tableau contient les appareils de synchronisation et de mesure habituels. Les gros alternateurs sont couplés en parallèle, en nombre variable suivant la charge, et quelquefois aussi le petit servant comme appoint.

Sous-stations. — Toutes sont identiques et contiennent 4 groupes de transformation, sauf celle de Bùkdale qui a un groupe de moins. Chaque groupe se compose de 3 transformateurs statiques triphasés placés en regard d'un convertisseur.

Les transformateurs sont à un seul noyau, avec enroulement secondaire unique intérieur et enroulement primaire unique extérieur. Les diverses parties de l'appareil sont enfermées dans une enveloppe en fonte et ventilées énergiquement. L'air nécessaire à cet usage est produit à la pression de 60^{cm} à 90^{cm} d'eau par 2 ventilateurs accouplés à 2 petits moteurs à courant continu de 3 poncelets.

Les 3 transformateurs de 200 kilowatts sont réunis en étoile : dans le primaire, par des bornes montées sur porcelaine à l'intérieur d'une colonne et au secondaire, par des connexions se rendant au convertisseur par des câbles posés sous le sol.

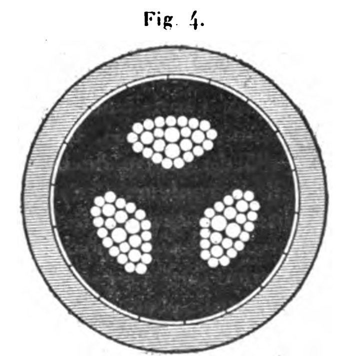
Les convertisseurs de 600 kilowatts ont 8 pôles et une vitesse angulaire de 375 tours par minute; ils fournissent du courant continu à 650 volts.

Dans le fond de la sous-station se trouve un tableau de distribution dont les interrupteurs à huile de haute tension sont placés en sous-sol et manœuvrés, comme dans la station centrale, par de longs leviers à main. Les appareils à courant continu sont placés derrière les panneaux du tableau.

Dans toutes les sous-stations l'espace est réservé pour la pose d'un groupe supplémentaire.

Ligne a haute tension. — Chacun des fideurs à courants triphasés se compose de 3 câbles fonctionnant en parallèle, mais de section suffisante pour que 2 d'entre eux puissent assurer à eux seuls la transmission en cas de besoin, sans chute de tension trop forte. Chacun des câbles (fabriqués par la maison Glover et Cie) est à 3 conducteurs, de section triangulaire [1] (voir *fig.* 4), isolés au papier de Manille imprégné de dialite (mélange à base de bitume) et recouverts d'un tube de plomb et d'une armature en fil de fer galvanisé de 20^{mm} à 25^{mm}; une fois terminés ils ont été soumis pendant une heure à une tension de 30000 volts entre conducteurs et armature. Ces

Fig. 4.



Câble à haute tension.

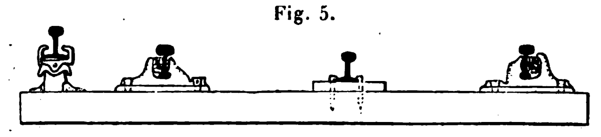
(1) Cette disposition est beaucoup plus compliquée comme fabrication que celle des torons cylindriques cordés employée généralement en France.

câbles sont posés suivant la méthode dite « solide », très employée en Angleterre et en Amérique, c'est-à-dire sont placés dans des conduites en bois créosoté, remplies de mélange bitumineux et recouvertes de tuiles. Cette méthode, qui ne permet pas de relever facilement les câbles, pourrait être utile pour des conducteurs à basse tension non isolés, mais on ne voit pas l'utilité de noyer dans une masse isolante un câble fortement isolé et armé qui pourrait être posé directement en terre avec une simple tuile ou un grillage au-dessus pour servir de repères. Les jonctions sont faites dans des boîtes remplies de matière bitumineuse. Sur les ponts et autres endroits soumis à des fatigues, les câbles sont logés dans des tuyaux en fer.

Les descriptions ne parlent pas des fideurs, à courant continu à 650 volts, allant des sous-stations aux différents points d'alimentation de la voie.

VOIE. — La voie de roulement n'a pas été changée, elle est à l'écartement normal de $1^m,435$. Le conducteur de prise de courant, ou troisième rail (*fig.* 5), est en acier doux spécial de haute conduc-

Fig. 5.



Coupe de la voie.

tibilité (sa résistance n'est que 7 fois et demie celle du cuivre) du type Vignole, pesant 37^{kg} au mètre courant, supporté à l'aide de 2 agrafes par un isolateur en « granit reconstitué » fixé à l'extrémité des traverses, dans l'entrevoie de la ligne (sauf en certains points où les 2 troisièmes rails sont placés à l'extrémité des deux traverses). Il se trouve à une distance de $1^m,185$ du centre de la voie et à 75^{mm} au-dessus du rail de roulement, cotes adoptées par le Railroad Clearing House (sorte de Comité commun de contrôle des chemins de fer) le 9 mars 1904 et qui seront dorénavant imposées sur toutes les lignes de chemin de fer qui seront électrifiées; grâce à cette sage mesure d'uniformisation les trains électriques pourront passer sans difficulté d'un réseau sur un autre.

Il y a, en outre, au milieu des deux rails de roulement, un *quatrième rail, non isolé,* fixé simplement par des tirefonds et une légère semelle en bois au milieu des traverses. Les tronçons de ce rail, en acier doux, de même dimension que le troisième rail, sont réunis électriquement entre eux par des connecteurs longitudinaux ou bandes de cuivre rouge; ils sont réunis également par des connecteurs transversaux aux tronçons de rails de roulement qui, eux, ne sont éclissés que mécaniquement. Le courant de retour du train passe à la manière usuelle par les châssis et les roues aux tronçons de rails de roulement, puis au quatrième rail, formant conducteur électrique continu par les connecteurs transversaux. C'est la première fois, croyons-nous, qu'une telle disposition est adoptée. On a bien fait usage, sur la ligne tubulaire londonienne du City and Great Northern, d'un quatrième rail (¹) (et aussi sur le District Metropolitain de Londres, actuellement en cours d'électrification), mais ce rail était *isolé* et recevait directement le courant de retour du train par un frotteur spécial. Cette dernière disposition est préférable à celle du quatrième rail non isolé, au point de vue des dangers de courts-circuits, comme on l'a signalé à l'Institution of Electrical Engineers (²) et a l'avantage de permettre de faire les réparations usuelles aux rails de roulement, qui se fatiguent le plus, sans avoir aucun connecteur à défaire. Cet avantage n'existe pas pour le quatrième rail non isolé contrairement à ce qui est mentionné dans les journaux techniques anglais et conformément à ce qu'a fait remarquer M. Renkel dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift,* puisqu'il faut démonter et remonter l'un des bouts des connecteurs transversaux lorsqu'on veut remplacer un rail (³). Nous pensons toutefois que la disposition de Southport est justifiée et préférable à celle du retour simple par la voie de roulement et même à celle du quatrième rail isolé, en ce qui concerne la conductibilité du circuit de retour. En effet, si *chaque* rail de roulement est bien réuni à la voie du quatrième rail par un connecteur transversal, comme nous l'avons compris d'après les descriptions anglaises, la voie de roulement, malgré l'absence des éclisses électriques, se trouve reliée tout entière en parallèle avec le quatrième rail, de sorte que le courant de retour trouve une conductibilité à peu près *double* (si l'on admet que les deux rails de roulement ont ensemble la même résistance que le quatrième rail en acier doux spécial) de celle qu'offrait soit une voie de roulement sans quatrième rail, soit un quatrième rail isolé.

Le troisième et le quatrième rail sont interrompus aux aiguillages et passages à niveau, ces derniers très nombreux (46) sur la ligne; le troisième rail est en outre protégé par des planchettes de bois dans les endroits où passent des piétons.

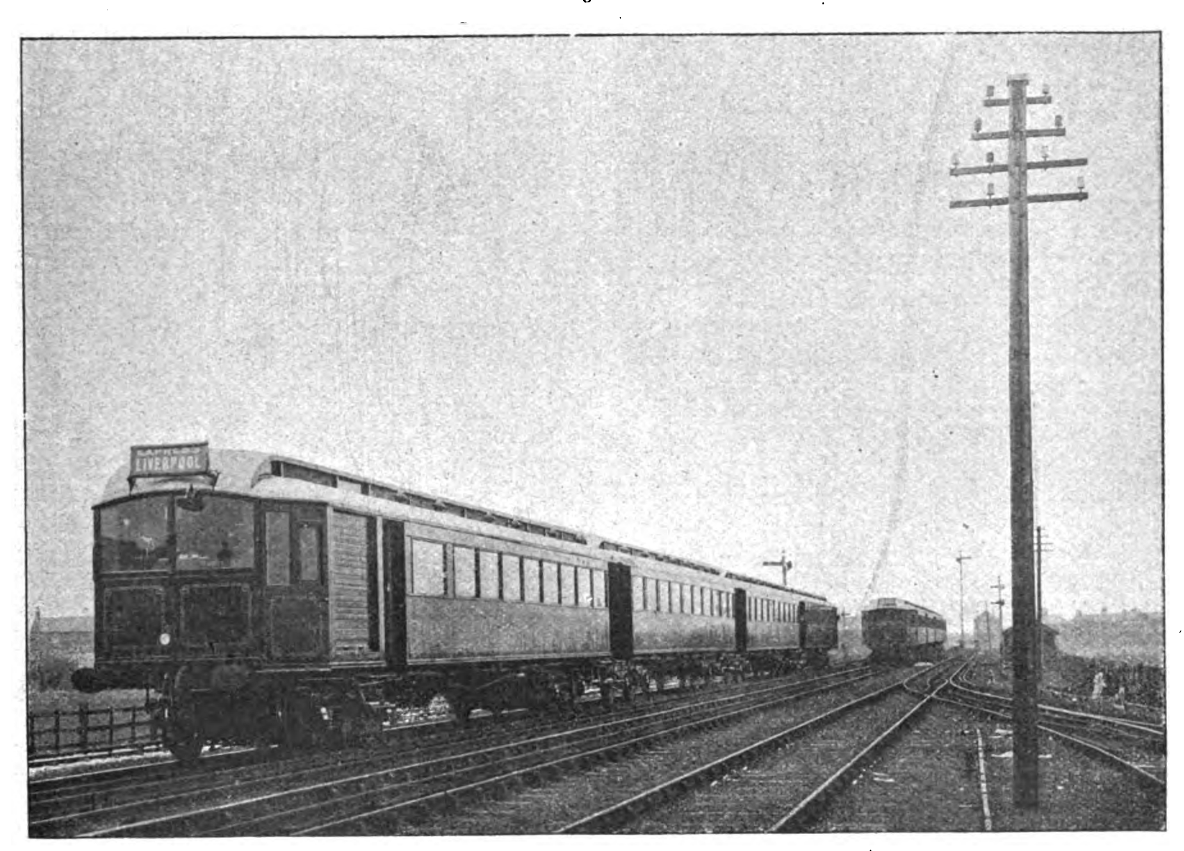
Le troisième rail est tronçonné en sections que

(¹) Voyez *La Revue électrique*, t. I, p. 192, 30 mars 1904.
(²) Voyez *La Revue électrique*, t. I, p. 89, 15 février 1904.
(³) Il peut néanmoins y avoir un léger avantage si les connecteurs transversaux sont assez souples pour permettre de défaire les éclisses des rails de roulement lorsqu'on n'a pas besoin de remplacer le rail, mais seulement d'y faire de légers travaux, tels que réfection des trous de tirefonds.

l'on peut isoler à l'aide d'interrupteurs logés dans des colonnes installées sur la voie. Les éclisses mécaniques du troisième et du quatrième rail sont pourvues tous les 100 mètres d'un dispositif ménageant la dilatation du métal ; les éclisses intermédiaires maintiennent fixes et sans aucune dilatation les bouts de rails.

Matériel roulant. — Les trains, dont la figure 6 donne une photographie, sont généralement composés de 2 voitures de 1re classe non motrices encadrées dans 2 voitures extrêmes motrices de 3e classe. Toutes sont à bogies de 4 roues, et sont, paraît-il, les plus grandes existant actuellement en Angleterre ; elles mesurent 20m de long, 3m de large 3m,79 de hauteur au-dessus de la voie, et 12m,15 d'écartement entre les axes des bogies ; dans l'intérieur se

Fig. 6.



Vue de la voie et d'un train électrique.

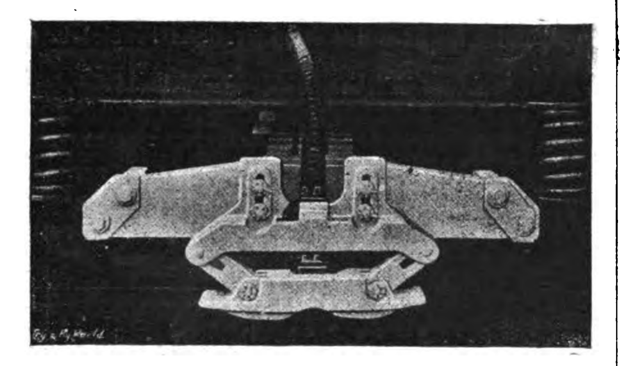
trouve un couloir central et deux séries de sièges transversaux de 2 places chacune en 1re classe et de 2 et 3 places en 3e classe. Les voitures sont réunies par des passerelles réservées au personnel, sauf pour les 2 voitures de 1re classe. Les voitures de 1re classe contiennent 66 places ; celles de 3e classe, qui comportent à une extrémité la cabine du mécanicien et un petit compartiment à bagages, contiennent 69 places : la capacité d'un train est ainsi de 270 voyageurs. Les glaces latérales sont fixes et la ventilation est obtenue par les châssis mobiles d'un lanterneau et par des ventilateurs-torpille. Il y a seulement une entrée latérale à chaque bout et de chaque côté du véhicule. Les voitures non motrices pèsent, sans voyageurs, 24 tonnes et les motrices 40 tonnes, soit pour le train entier, qui mesure environ 82m, un poids total de 928 tonnes. Les roues des bogies ont 0m,95 de diamètre, dimension qui n'avait pas encore été atteinte pour la traction électrique. Le chauffage et l'éclairage sont produits électriquement.

Une prise de courant se trouve de chaque côté des voitures motrices, soit 4 sabots par train. Ces sabots (représentés *fig.* 7) se composent d'un patin de 40kg environ qui s'applique par son propre poids sur le troisième rail, et est suspendu par 2 bielles

en fer forgé sur une pièce de bois fixée sur une entretoise longitudinale du bogie.

Les trains électriques sont munis, comme les autres trains à vapeur de la Compagnie [1], du frein à

Fig. 7.



Sabot de prise de courant.

vide; la pompe à vide est commandée par un moteur électrique de 2 poncelets utilisant le courant à 600 volts de la ligne et muni d'un interrupteur automatique.

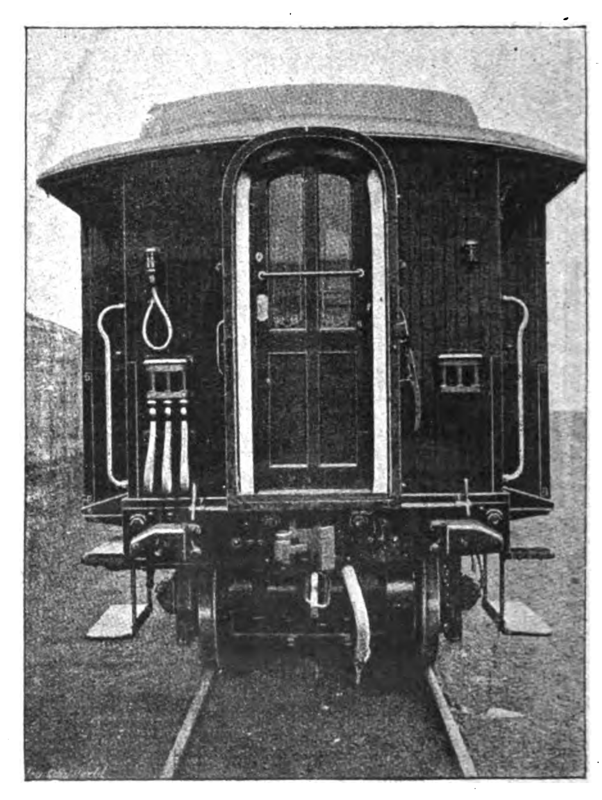
Moteurs et commande du train. — Les voitures motrices portent sur chacun de leurs 4 essieux un moteur à simple réduction d'engrenage de 150 chevaux à la vitesse angulaire de 470 tours par minute, soit 8 moteurs par train. Le poids total d'un moteur est de 2700^{kg}, dont 860^{kg} pour l'induit et 450^{kg} pour l'enveloppe et les engrenages.

Ces moteurs, du type ordinaire de traction, sont à 4 pôles venus de fonte avec le bâti en 2 parties. L'armature, enroulée en tambour, porte des canaux de ventilation; l'ensemble est calculé largement, de façon à pouvoir supporter des surchages momentanées considérables sans élévations de température anormales. Les balais sont à charbon cuivré. Le moteur est suspendu par un ressort au bâti du châssis suivant la disposition habituelle.

Tandis que le système de commande par « unités multiples » est employé à Newcastle, on n'a fait usage à Liverpool que d'un système à « double unité », se rapprochant de ceux employés sur les Métropolitains de Berlin et de Paris, d'après les descriptions, malheureusement peu détaillées, qui en ont été faites dans les revues anglaises.

Les 2 voitures motrices sont réunies par 2 canalisations (à pôle unique), longeant tout le train et parcourues par le courant total absorbé par le train; les raccords entre voitures de ces 2 canalisations sont établis à l'aide de 2 câbles souples terminés par une cheville qui vient se loger dans une douille isolée correspondante; un câble et une douille sont montés de chaque côté du soufflet d'intercommunication à mi-hauteur des panneaux, comme on le voit sur la figure 8. Au-dessous on trouve, sur ces

Fig. 8.



Vue de l'extrémité d'une voiture.

panneaux, d'un côté 3 câbles souples plus petits et de l'autre côté 3 douilles, qui servent pour le raccordement de 3 canalisations auxiliaires doubles (à pôle unique) se rapportant à l'éclairage, au chauffage et au circuit des inverseurs dont il sera parlé plus loin.

L'équipement des cabines de mécanicien est très simple : il se réduit à un combinateur, un robinet de manœuvre du frein à vide, un robinet de commande de la corne pneumatique d'appel, plus un interrupteur unipolaire et un plomb fusible pour le moteur de la pompe à vide. Toute la cabine est revêtue de tôles et d'une substance isolante dénommée uralite.

Le combinateur ne possède qu'une manivelle de

[1] On ne rencontre guère le frein à vide, en certains points plus simple que le frein à air comprimé, qu'en Angleterre où il est employé sur un petit nombre de réseaux; mais il tend à céder la place au frein Westinghouse par raison d'uniformité.

manœuvre, mais il contient 2 cylindres affectés l'un aux 4 moteurs de la voiture de tête, l'autre aux 4 moteurs de la voiture de queue; on peut isoler, en cas de besoin, l'un des groupes du train et continuer à marcher avec l'autre. Le combinateur, qui est à soufflage électro-magnétique, permet de coupler au démarrage 4 moteurs en série et 2 en parallèle et ensuite 4 moteurs en parallèle et 2 en série.

Le changement de marche est effectué isolément sur les moteurs à l'aide de 8 inverseurs ou électro-aimants placés auprès de leur moteur correspondant et actionnés simultanément par les courants (probablement à 600 volts) envoyés par la canalisation double auxiliaire dont il a été parlé plus haut : ces courants sont lancés par la manœuvre d'un axe auxiliaire du contrôleur; un verrouillage empêche de provoquer l'inversion si le courant n'est pas coupé dans les moteurs.

Chaque moteur est pourvu d'un disjoncteur qui le met hors circuit s'il est parcouru par un courant dépassant une valeur déterminée; en même temps un voyant portant le mot *Open* (ouvert) apparaît dans une petite boîte placée sur le châssis de la voiture en regard du moteur intéressé. On peut également mettre à la main chacun des moteurs hors circuit à l'aide des interrupteurs disposés dans une armoire de la voiture.

Des extincteurs portatifs d'incendie et des boîtes à sable sont placés dans les cabines des mécaniciens.

BREVETS RÉCENTS.

Tramways et Chemins de Fer : *Sytèmes* : FRETTS. USAP. 757906, 14 juil. 1903 (chem. de fer). — MAHONEY. USAP. 759453, 1er juil. 1903 (chem. de fer à 3e rail). — *Conducteur de voie* : BACKER. USAP. 759060, 8 juil. 1903 (aiguille). — GIBBS. USAP. 759098, 24 déc. 1903 (dispositif pour couper le courant en cas d'accident). — KRESS. USAP. 758977, 30 déc. 1903 (couvercle de garde pour 3e rail). — STEINBERGER. USAP. 759767, 7 janv. 1904 (support de rail). — *Prise de courant* : GRIFFITHS et BEDELL. BP. 3888, 1903. — LINDALL. USAP. 755782, 8 oct. 1903 (pour 3e rail). — *Trôlet* : FLETCHER et WATERS. USAP. 758355, 3 sept. 1903. GILLINGHAM et HUNTLEY. USAP. 759433, 27 avril 1903. — GREENWOOD. USAP. 758528, 16 mai 1903. — GRUNER et FINK. USAP. 758592, 5 nov. 1903. — HEAN et EAGAN. USAP. 758445. 26 déc. 1903. — MARTIN. USAP. 757824, 4 sept 1903. Mc CULLOUGH. USAP. 757630, 22 janv. 1901. — SMITH. USAP. 757786, 25 sept. 1903. — *Combinateur* : RAWORTH. BP. 3658, 1903. — WHITE. USAP. 758230, 20 nov. 1902. — WHITTLESEY. USAP. 755822, 26 sept. 1902.

Automobiles routières : AYLSWORTH. USAP. 757715, 24 juin 1903. — DRAULLETTE. BP. 6853, 1903.

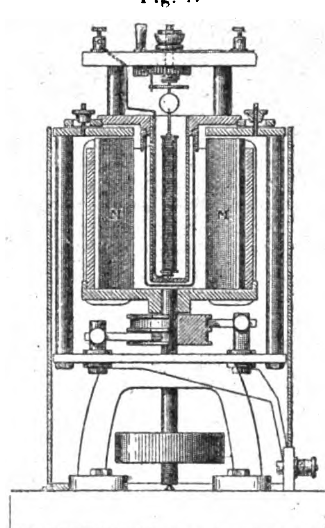
TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Détecteur Ewing et Walter pour la télégraphie sans fil. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 342, 28 avril 1904, d'après *Proceedings of the Royal Society*, t. LXXIII, 1904).

Lorsqu'on place dans un champ tournant un disque de fer mobile autour d'un axe, ce disque, par suite de son hystérésis, prend également un mouvement de rotation. Si l'on s'oppose au mouvement au moyen d'un ressort, le disque prend une disposition différente de sa position de repos. Mais la position d'équilibre change aussitôt que des ondes électriques parviennent à l'appareil, l'hystérésis se trouvant modifiée. J.-A. Ewing et L.-H. Walter ont utilisé cette propriété pour la construction d'un nouveau détecteur d'ondes électriques (*fig.* 1).

Ils ont trouvé que les effets étaient augmentés considérablement quand on remplace le disque de fer par une bobine de fil d'acier isolé. Dans leur


Fig. 1.



appareil se trouve un électro-aimant ou un aimant permanent de forme annulaire et disposé verticalement. A l'intérieur de cet aimant, qui est mis en rotation, se trouve une bobine longue de 5^{cm} environ, mobile autour d'un axe vertical. Elle est formée de 500 spires de fil d'acier de $0^{mm},061$ enroulées sur un noyau en os. Les déviations de cette bobine sont lues au moyen d'un miroir et d'une échelle; mais elles peuvent être également utilisées pour fermer un contact et actionner un relais. L'instrument n'est pas seulement un détecteur d'ondes; il peut servir également à mesurer l'intensité des ondes qui lui parviennent, et, de ce fait, il peut jouer un rôle important en télégraphie sans fil, notamment pour la détermination de l'accord. H.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : BARCLAY. USAP. 758732, 24 juillet 1903 (télégraphe imprimeur). — BELL. USAP. 758951, 24 avril 1903 (parafoudre automatique). — CALLUM. USAP. 758736, 1 mars 1902 (avertisseur automatique d'incendie). — CEREBOTANI. USAP. 758202, 2 mai 1900 (récepteur). — GALLAGHER. USAP. 753872, 29 avril 1903 (télégraphe imprimeur). — GHEGAN. USAP. 757736, 3 juillet 1902 (télégraphe multiplex). — GRUHN. USAP. 759501, 21 nov. 1902. — HEALY. USAP. 758250, 16 juin 1903 (télégraphe imprimeur). — MITSCHERLING. BF. 339937, 27 janv. 1904 (transmetteur d'un signal électrique). — PEIRCE. BF. 339988, 23 janv. 1904 (transmetteur). — RANDALL. USAP. 758232, 25 août 1902. — RANDALL. BF. 340347, 10 fév. 1904 (système de télégraphie). — RICHMOND. USAP. 758598, 27 avril 1901 (transmetteur des impulsions électriques). — RUGH. USAP. 757503, 757504, 757505, 21 et 31 août 1903.

Télégraphie sans fil : DE FOREST. USAP. 758517, 21 sept. 1903 (système de télégraphie sans fil). — DE FOREST. USAP. 759216, 14 mars 1903 (signal). — FLEMING. USAP. 758004, 758005, 758006, 8 avril et 9 nov. 1901, 3 janv. 1903 (télégraphie sans fil). — GRAHAM. USAP. 758527, (transmission des signaux sans fil). — HOBERT. USAP. 759276, 10 avril 1903 (isolateur). — KING. USAP. 758842, 17 déc. 1902. — MARCONI. USAP. 757559, 19 nov. 1901. — MURGAS. USAP. 759825, 759826, 2 oct. 1903 et 24 fév. 1904. — RICHMOND. USAP. 758106, 27 avril 1901 (transmetteur d'ondes électriques). — STEWART. USAP. 759835, 20 oct. 1903 (cohéreur). — WOODWARD. USAP. 757802, 9 juillet 1902 (transmission sans fil.

Téléphonie : AMMER. BF. 340701, 25 fév. 1904 (appel). — ANDERSON. USAP. 759492, 5 déc. 1901 (bureau). — CHRISTOPHER. USAP. 758415, 3 fév. 1904 (appareil). — CLAUSEN. USAP. 758031, 26 mai 1902. — DAUVEY. BF. 339636, 15 janv. 1904 (commutateur). — DEAN. USAP. 758626, 11 mai 1904. — DUCHATEL. BF. 340651, 25 fév. 1904 (mise en circuit et hors circuit automatique). — FANNON. USAP. 759428, 29 oct. 1903 (transmetteur). — FERGUSSON. USAP. 758304, 16 nov. 1901. — GEMMILL. USAP. 759094, 759095, 28 août 1901 et 22 déc. 1902 (transmetteur et récepteur). — GRAHAM. USAP. 759697, 4 fév. 1904; BF. 339682, 18 janv. 1904 (perfectionnement). — GUILLAUD. BF. 340211, 10 février 1904 (appareil pour la vérification des sonneries téléphoniques). — HANTZ. BF. 339353, 15 janv. 1904 (récepteur répétiteur). — HILL. USAP. 759441, 9 oct. 1902 (transmetteur). — HOUBIGANT. BF. 340435, 15 fév. 1904 (transmetteur). — HOUGHTON. USAP. 750780, 30 déc. 1903 (attache pour téléphone). — HUTCHINSON. USAP. 758363, 25 nov. 1902 (récepteur). — KNUDSON. USAP. 759383, 13 oct. 1900 (annonciateur). — MEINEMA. USAP. 757826, 16 janv. 1904. — RUNGE. USAP. 759316, 6 déc. 1902 (récepteur). — SCRIBNER. USAP. 758703, 2 avril 1900. — SMYTHE. USAP. 758116, 759641, 759762, 26 janv. et 14 sept. 1903 (signal). — STRAUSS. USAP. 758795, 25 juil. 1902 (récepteur); 759836, 17 nov. 1902 (génératrice pour appel). — TANNER. USAP. 759771, 2 mars 1902 (signal). — WILHELM. USAP. 757799, 23 janv. 1902. — WINTER. BF. 339739, 20 janv. 1904 (système de communication entre abonnés).

ÉCLAIRAGE.

Charbons minéralisés Blondel (Brevet français 338049, du 20 octobre 1903).

Il résulte des essais faits par divers expérimentateurs que les meilleurs résultats sont obtenus avec les sels de calcium, que les sels d'aluminium et de magnésium sont bien moins éclairants par eux-mêmes, et que les sels de strontium donnent une coloration trop rouge. Actuellement le meilleur sel connu et qui est du reste depuis longtemps dans le domaine public est le spathfluor. Malheureusement ce sel donne une teinte trop jaunâtre, qui tourne souvent au rouge lorsque l'intensité du courant est faible. En outre les charbons au fluorure de calcium ou autres sels ou composés de calcium donnent une intensité lumineuse très variable, troublée par des éclats lumineux brusques, qui ont empêché jusqu'à présent d'introduire ces arcs à charbons minéralisés dans l'éclairage intérieur des maisons.

M. Bremer, dans un récent brevet, a indiqué l'addition de fondants, en particulier fluor, bore, soude, potasse, silicate, etc., dans les charbons contenant des sels métalliques, afin de faire mieux couler les scories. Mais aucun de ces corps, employés sous leur forme naturelle mentionnée par M. Bremer, ni même l'addition de 1 à 3 pour 100 de borates alcalins, ne blanchit suffisamment la lumière et ne la rend fixe.

M. Blondel préfère combiner avec les sels de calcium, tels que fluorure, oxyde, carbure, ou phosphate, ou autres corps minéraux éclairants analogues, au lieu des proportions insuffisantes de borates alcalins mentionnées ci-dessus, une quantité suffisante de borates alcalino-terreux ou autres borates similaires (seuls ou en combinaison avec des sels alcalins) qu'il appelle « substances régularisatrices » et qui suppriment les éclats de lumière mentionnés plus haut. Ces substances sont principalement les borates de baryum, strontium, magnésium, calcium, aluminium, etc.

La plus efficace de ces substances régularisatrices est le borate de baryum ; ce sel a en outre l'avantage de blanchir la teinte de la lumière (1).

La proportion employée des borates susmentionnés est ordinairement de 5 à 10 pour 100 ou plus, rarement au-dessus de 25 pour 100 de la masse totale dans des charbons contenant 10 à 70 pour 100 des sels minéraux. Mais ces proportions peuvent être réduites lorsque les charbons contiennent déjà des borates plus fusibles de potassium ou de sodium (2).

---

(1) Suivant la proportion de borate de baryum ou par addition de borate de sodium, on obtient une lumière blanche, verdâtre ou jaunâtre. Elle devient jaune plus sombre si l'on remplace une partie du borate de baryum par du borate de potassium, ou plus verte si on la remplace par du borate de magnésium, ou plus rose si on emploie du borate de strontium.

(2) L'emploi des sels excitants de potassium avec les borates régularisateurs est à recommander. Par exemple une bonne composition de pâte principalement pour les cônes et



On effectue le mélange des borates régulateurs avec les sels éclairants de calcium de préférence avant de les introduire dans la pâte de charbon, soit par voie sèche en les pulvérisant ensemble, soit par voie humide en mettant les sels pulvérisés dans l'eau et agitant, soit par voie ignée en fondant les sels ensemble avant de pulvériser la masse définitivement. H. P.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage par arc. *Lampes :* BUREAU. BF. 340252, 8 fév. 1904. — HAMILTON-ADAMS. USAP. 758644, 29 août 1903. — HOPFELT. USAP. 757659, 13 mai 1902. — PERCIVAL. USAP. 757958 23 janv. 1899. — SINDINGCHRISTENSEN. USAP. 757847, 4 mai 1903. — SOCIÉTÉ DES DIFFUSEURS LUMINEUX. BF. 340253, 8 fév. 1904. — SPRINZL. BF. 339872, 25 janv. 1904 (lampe à arc sans régulateur). — SWEETSER. BF. 340106, 2 fév. 1904.

Éclairage par incandescence. *Lampes à filaments :* POST. USAP. 754694, 30 déc. 1983 (de poche). — *Lampes à vapeur :* BASTIAN et PARTNERS Ld. BF. 339855, 23 janv. 1904. FLICHTNER. BF. 340614, 20 fév. 1904. — COOPER-HEWITT. BF. 339721, 19 janv. 1904. — *Divers :* COOPER-HEWITT. USAP. 758650, 13 janv. 1904 (électrode pour lampe à vapeur); BF. 340125, 2 fév. 1904 (production de courants électriques oscillatoires). — ALLEN. USAP. 759650, 5 déc. 1903 (fabrication des lampes à incandescence). — ENTRIKEN et EVERETT. USAP. 759506, 21 janv. 1904 (protection du filament). — MILLER. USAP. 758328, 3 juil. 1903 (fixage du filament). — RAYMOND. USAP. 759632, 1 fév. 1904 (int.).

Divers : FALTERMAYER. USAP. 758589, 2 oct. 1903 (contrôle de l'éclairage). — FORD. USAP. 759511, 21 déc. 1903 (éclairage des locomotives). — TURNBAYNE. USAP. 757695, 29 sept. 1903 (éclairage électrique).

ÉLECTROCHIMIE.

Ozonisation par l'effluve, par A.-H. GRAY (*Ann. d. Phys.*, t. XIII, p. 477-492, mars 1904). — Les électrodes sont séparées par deux parois de verre entre lesquelles passe le gaz (ozoniseur Siemens). La masse d'ozone obtenue par coulomb est encore indépendante de la différence de potentiel. M. L.

Sur le rendement pendant l'argenture électrolytique, par W. PFANHAUSER. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 68 et 101, 22 janvier et 12 février 1904).

Swante Arrhénius. Une contribution à l'historique de la théorie de la dissociation, par R. ABEGG. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 109, 19 février 1904).

---

les couches intérieures de charbons ayant une enveloppe extérieure de charbon non scorifiable, est de : 35 à 50 pour 100 de charbon, 35 à 50 pour 100 de spath fluor ou autres composés du calcium, 5 à 15 pour 100 d'un mélange des borates de baryum, calcium ou strontium et de potassium ou sodium. Pour les âmes des charbons on peut employer les mêmes quantités relatives des diverses substances minérales, mais la quantité de charbon peut être très petite lorsqu'on veut un arc très minéralisé.

Sur la préparation électrolytique des sels trivalents de vanadium, par A. BULTEMANN. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 141 26 février 1904).

Sur la détermination électrochimique de l'attaquabilité du verre, par F. HABER et H. SCHWENDE. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 143, 26 février 1904). — Le principe de cette méthode repose sur la mesure de la variation de résistance de l'eau laissée en contact avec le verre dont on veut déterminer l'attaque.

Sur la préparation électrolytique des matières colorantes azoïques, par WALTHER LŒB. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 237, 8 avril 1904).

L'Institut de Chimie physique et d'Électrochimie de l'Université technique de Carlsruhe, par M. LE BLANC. (*Zeitschrift f. Elecktrochemie*, t. X, p. 238, 8 avril 1904).

Notice sur l'électrolyse de l'iodure de tétraéthylammonium, par Dr EMILE GOEKLE. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 249, 15 avril 1904).

Sur la concentration des ions-mercure dans l'électrode-calomel et sur la solubilité du calomel, par H. H. LEY et C. HEIMBUCHER. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 301, 29 avril 1904).

BREVETS RÉCENTS.

ALSOP. USAP, 758883 et 758884, 29 mai 1903 (procédé pour préparer les gaz de l'air). — BUTTERS. USAP, 756211, 3 oct. 1902 (précipitation des métaux de leurs solutions). — CHENEY. USAP, 758352, 6 juin 1903 (appareil pour galvanoplastiser les cylindres de phonographes). — CHRISTY. USAP, 756328, 20 mai 1901 (régénération de l'or et de l'argent des solutions de cyanures). — CORNARD. BF, 336877, 15 oct. 1903 (électrodes). — DANTON. USAP, 758430 et 758513, 13 sept. 1903 et 26 avril 1904 (appareil pour faire circuler les liquides dans les bacs). — ELKINGTON, LOCKERBIE, WILKINSON et RYDER. BP, 6169, 1903 (galvanoplastie). — ERLWEIN. USAP, 757185, 16 août 1902 (fab. de cyanamide). — FABRIG, USAP, 756223, 9 mai 1903 (traitement électrolytique des minerais pauvres et des tailings). — GIN. USAP, 753875, 7 juil. 1902 (fab. des alliages de fer). — GREENFIELD. BP, 11579, 1903 (électrodes). — GRIFFIN. USAP, 757036, 16 janv. 1903 (fab. de composés chimiques). — JAEL. BP, 5845, 1903 (électrodes). — JOLY. USAP, 757557, 18 juin 1903 (électrolyseur). — KAISER. BP, 15240, 1903 (fab. du zinc). — KOWALSKI et MOSCICKI. USAP, 754147 (composés de l'azote). — LASZCZINSKI. USAP, 757817, 10 oct. 1902 (extraction du cuivre et du zinc). — LE SUEUR. USAP, 755302. 27 mai 1899 (extr. du cuivre des minerais complexes). — MECHWART, COLTRI et Cie. BP, 2574, 1903 (extr. des métaux de leurs minerais). — OTTO. BP, 12193, 1903 (ozoneur). — PAULING. USAP, 758775, 20 nov. 1903 (appareil pour le traitement des gaz). — QUINTAINE. USAP, 12214 (?), 26 avril 1904 (fab. de l'étain). — SALOM. USAP, 755247, 17 juin 1902 (fab. de l'acide sulfurique). — SEEMEN. DRP, 150262, 12 juin 1903 (traitement du minerai). — SMITH-HORRY. USAP, 757617, 29 mars 1902 (carbure). — SPENCE. USAP, 758710, 11 sept. 1902 (traitement des composés du titane). — SPENCER. USAP, 759798 et 759799. 22 janvier 1903 (électrolyseur). — STEAD. USAP, 758713, 26 juil. 1902 (appareil de blanchiment). — VOGELSANG. USAP, 756745, 21 sept. 1903 (appareil de blanchiment). — VOSMAER. USAP, 754261, 11 sept. 1902 (ozoneur). — WELSH. USAP, 752493, 13 oct. 1903 (presse à mouler pour galvanoplastie).

BIBLIOGRAPHIE.

Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole, par AIMÉ WITZ. Quatrième édition, refondue et entièrement remaniée; deux forts volumes, format $28^{cm} \times 19^{cm}$, de 504 et 1130 pages, avec 137 et 575 figures. E. Bernard, éditeur, 29, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : 30 francs.

Le rapide essor des moteurs à gaz et à pétrole a amené M. Witz à donner aux éditions successives de son Traité un développement de plus en plus grand. Tandis que la première édition, publiée en 1886, ne comprenait que 288 pages petit format, la troisième exigeait déjà trois gros volumes de plus de 500 pages chacun. Ces volumes, qui furent publiés successivement, de 1893 à 1899, au fur et à mesure que de nouveaux progrès surgissaient, permirent à l'auteur de tenir ses lecteurs au courant des inventions et théories les plus récentes: mais ce mode de publication par volumes se complétant l'un l'autre avait, au point de vue didactique, l'inconvénient de séparer en trois tronçons, rédigés à des époques différentes, chacune des parties du Traité. Aussi, lorsque la publication d'une quatrième édition s'imposa, l'auteur, sans s'inquiéter du temps et de la peine que lui coûterait un travail aussi considérable, prit-il la résolution de refondre complètement son Ouvrage en rassemblant et ordonnant, chapitre par chapitre, les matières éparses dans les trois volumes de l'édition précédente et en rédigeant à nouveau et d'un seul jet les matières se rapportant à une même question. Cette nouvelle édition forme deux gros volumes de plus de 1600 pages au total, dont l'un parut dans le courant de 1903, l'autre en février 1904; elle est d'ailleurs plus complète que la précédente, car, outre les nombreux perfectionnements apportés récemment aux moteurs à gaz et à pétrole, l'auteur y a fait entrer les moteurs à alcool, nouvellement introduits sur le marché industriel, et a consacré aux moteurs à gaz pauvre des développements considérables justifiés par l'importance qu'ont pris ces moteurs depuis la publication de la 3e édition.

Mais si l'étendue des matières exposées a été considérablement accrue, le plan général de l'Ouvrage est resté sensiblement le même que dans les précédentes éditions; à part l'addition d'un chapitre, où sont rappelés les principes fondamentaux de la Thermodynamique, et la division de quelques anciens chapitres en plusieurs nouveaux, division exigée par le développement des sujets correspondants, nous retrouvons dans cette nouvelle édition l'ordre qui a présidé à la rédaction des éditions antérieures. A un double point de vue M. Witz a bien fait d'agir ainsi; d'abord le plan primitif était bon, puisqu'il s'est plié aux exigences nouvelles créées par le développement de l'Ouvrage; il importait donc de le conserver; en second lieu le lecteur des éditions antérieures se retrouve facilement au milieu des nombreux documents accumulés dans la nouvelle, et c'est là une raison non moins importante que la précédente.

Cette similitude dans l'ordre d'exposition pourrait nous dispenser de donner ici une nomenclature, toujours fastidieuse à lire, du contenu de l'Ouvrage, si nous ne craignions de mécontenter ainsi ceux, bien rares sans doute, qui s'intéressent aux moteurs à explosion et qui ne connaissent pas l'édition antérieure. Indiquons donc, sommairement d'ailleurs, les matières exposées.

L'*Histoire des moteurs à gaz* fait l'objet du premier Chapitre; elle est divisée en trois périodes : la période d'invention (1678-1860), la période d'application (1860-1889), enfin la période d'expansion. La *Classification* des moteurs en quatre groupes est ensuite indiquée avec les raisons qui ont motivé cette classification (moteurs à explosion sans compression, à explosion avec compression, à combustion avec compression, moteurs atmosphériques et mixtes). Dans le Chapitre III, le seul Chapitre ajouté à l'édition, intitulé *Quelques considérations théoriques sur les machines thermiques*, l'auteur expose un résumé des connaissances de Thermodynamique indispensables à la compréhension du fonctionnement des machines à gaz, connaissances que le lecteur trouvera plus développées dans deux Ouvrages antérieurs de l'auteur : *Thermodynamique à l'usage des ingénieurs* et *Machines thermiques à vapeur, à air et à gaz*. L'*Étude des gaz combustibles*, à propos de laquelle des développements importants sont donnés sur les gazogènes, forme la matière du Chapitre suivant. Viennent ensuite la *Théorie générique des moteurs à gaz* et leur *Théorie expérimentale*, théories auxquelles M. Witz a apporté un appoint personnel des plus importants. Le Chapitre VII traite des *Essais* et termine le Volume.

Le second Volume est plus spécialement consacré à la description et aux applications des moteurs à gaz. Les quatre premiers Chapitres donnent les *Monographies* des quatre types de moteurs de la classification adoptée; le Chapitre XII donne celles des principaux moteurs à pétrole. Une *Étude comparative des éléments de construction*, quelques pages sur l'*Installation et la conduite des moteurs*, enfin l'indication des nombreuses *Applications des moteurs*, forment la matière des trois derniers Chapitres.

Cette sèche nomenclature ne saurait, toutefois, donner une idée du nombre énorme de documents utiles au constructeur et à l'exploitant que M. Witz a accumulés dans son Ouvrage; des qualités de style et de méthode qu'on y rencontre et qui en rendent la lecture facile, intéressante, voire même agréable. Aussi terminerions-nous cette analyse en recommandant à nos lecteurs de s'assurer par eux-mêmes de ces qualités si, en l'espèce, cette recommandation n'était superflue par suite de l'autorité que M. Witz s'est acquise en matière de moteurs à gaz, et même quelque peu déplacée, vu notre incompétence relative sur le sujet. Bornons-nous donc à enregistrer sa publication et à souhaiter à cette nouvelle édition le succès de ses devancières. J. BLONDIN.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Société française de Physique.

Séance du 20 mai. — Un *Nouveau microphone* est présenté à la Société par M. Tariel.

La nouveauté de ce microphone réside dans une nouvelle fragmentation des agglomérés de charbon, ou corps similaires.

Par cette nouvelle fragmentation on obtient des *pellicules* de charbon. L'auteur entend par *pellicules* des fragments d'une épaisseur de $\frac{1}{10}$ et demi à $\frac{2}{10}$ de millimètre (et plus) et d'une hauteur et d'une largeur supérieures à 1^{mm}.

Pour obtenir ces pellicules il suffit de prendre des lames de charbon de l'épaisseur voulue, qui soient parfaitement planes et lisses; de les briser à la main, et de les passer dans un crible, dont les mailles laisseront tomber les particules inférieures à 1^{mm}.

Le reste de l'appareil microphonique est disposé de la façon suivante : 1° une électrode mobile constituée par une lame de charbon de la même épaisseur que les pellicules et où vient aboutir un des fils de la ligne téléphonique; 2° une électrode fixe composée d'un bloc de charbon ajouré dans lequel viennent se placer les pellicules. Cette électrode repose sur une lame mince de charbon, où vient aboutir l'autre fil de la ligne téléphonique.

La distance qui sépare les deux électrodes est exactement de $\frac{1}{10}$ de millimètre. Le tout est solidement fixé dans une cuvette en ébonite.

Cette combinaison permet de réaliser les avantages suivants :

1° Grande sensibilité de l'appareil à cause de la présence de surfaces planes, légères, présentant de nombreux points de contact ;

2° Diminution de la surface vibrante et suppression des corps isolants entre les deux électrodes (feutres, laine, papier, gutta-percha, etc.), corps qui alourdissent les vibrations ;

3° Suppression de la polarisation, entre les corpuscules de charbon, si fréquentes dans les appareils microphoniques à grenaille ;

4° L'appareil ne peut se bloquer, suivant l'expression consacrée, à cause de la dimension des pellicules, dimension supérieure à l'intervalle qui sépare les deux électrodes ;

5° Diminution des arcs voltaïques.

En résumé, avec ce système, on peut construire un microphone, plus petit, plus léger, et dont la sensibilité est égale sinon supérieure à celle des autres.

En combinant, avec ce microphone, un petit récepteur, dont l'extrémité s'introduit dans le conduit auditif, on a un appareil microtéléphonique complet du poids de 27^g, se fixant à l'oreille au moyen d'un léger ressort, et susceptible de rendre de nombreux services.

Séance du 3 juin. — *Sur les rayons cathodiques*, tel est le titre d'une communication de M. Villard dans laquelle l'auteur expose les résultats d'une étude de l'action du champ magnétique sur la *lumière positive* des tubes à rayons cathodiques et sur les *rayons cathodiques* eux-mêmes.

Des nombreux faits qu'il a observés nous ne retiendrons que les suivants :

1° Si l'on place un tube à rayons cathodiques dans un champ magnétique puissant dirigé normalement au plan de la cathode et par conséquent suivant la direction d'émission des rayons cathodiques, on constate que les rayons cathodiques s'enroulent en spirales autour de l'axe du tube, fait constaté antérieurement par M. Broca, et en outre qu'un faisceau de rayons continue à se propager suivant la normale à la cathode. Ce dernier phénomène indique que la cathode émet non seulement des rayons de la nature de ceux étudiés jusqu'ici, mais encore des rayons d'une autre espèce sur lesquels le champ magnétique n'a pas d'action.

2° En plaçant en avant de la cathode un écran percé d'un trou central et disposant toujours le tube dans un champ magnétique normal à la cathode, la spirale formée par les rayons cathodiques ordinaires est arrêtée par l'écran et la partie axiale du tube est traversée par le faisceau, très nettement limité, des rayons cathodiques de seconde espèce. Si l'on dispose à l'extrémité du tube un cylindre de Faraday dans lequel on fait pénétrer ce faisceau, on constate que le cylindre ne se charge pas : ces rayons ne sont donc pas dus à un transport d'ions négatifs, comme on l'admet pour les rayons cathodiques ordinaires.

3° Si l'on fait passer le faisceau entre les armatures du condensateur, on observe une déviation du faisceau dans une direction perpendiculaire à celle du champ électrostatique : les nouveaux rayons cathodiques se comportent donc dans un champ électrostatique comme les rayons cathodiques ordinaires dans un champ magnétique.

Par l'ensemble de leurs propriétés les rayons reconnus par M. Villard sont, par conséquent, en quelque sorte *réciproques* des rayons cathodiques connus jusqu'ici.

La polarisation des électrodes a été le sujet d'un travail important de M. Rothé, Maître de conférences à la Faculté de Grenoble, travail présenté récemment comme thèse de doctorat devant la Faculté de Paris; M. Langevin en fait connaître les principaux résultats à la Société. Malgré son intérêt, nous ne pouvons ici qu'en signaler l'idée fondamentale et la conclusion :

Si l'on fait croître graduellement la différence de potentiel entre deux électrodes polarisables plongées dans un électrolyte, et qu'on mesure l'intensité du courant résultant de cette différence de potentiel, on observe deux phases très différentes : tant que la différence de potentiel reste au-dessous d'une certaine valeur, l'intensité du courant devient très faible (courant de dépola-

risation) et il n'y a pas d'électrolyse apparente; dès que l'on dépasse cette valeur, l'intensité croît en même temps que la différence de potentiel, et les produits de l'électrolyse apparaissent sur les électrodes.

Y a-t-il continuité ou non entre les deux phases? D'après les idées admises jusqu'ici, il y aurait discontinuité : on considère, en effet, une électrode polarisée comme assimilable à une *couche double* électrique, de sorte qu'avant l'électrolyse visible il y aurait *condensation* de l'électricité. Les recherches de M. Rothé l'ont conduit à considérer le phénomène comme continu et à regarder la polarisation des électrodes comme un effet d'*accumulation* dû à des réactions chimiques même avant l'électrolyse visible.

Cette conclusion est, d'ailleurs, conforme à la théorie osmotique de Nernst sur la dissolution, théorie qui a guidé M. Rothé dans ses recherches expérimentales.

Quant à celles-ci, elles ont été exécutées au moyen de l'oscillographe Blondel : on enregistrait photographiquement la courbe de la variation de l'intensité du courant résultant de l'application d'une différence de potentiel entre les électrodes d'un voltamètre. La forme de ces courbes, dont plusieurs sont projetées en séance, est en parfait accord avec les conséquences qu'il est possible de tirer de la théorie de Nernst, et montre que le voltamètre polarisé ne peut être complètement assimilé à un condensateur, mais est, en quelque sorte, équivalent à *un condensateur auquel est associé un accumulateur.*

L'ordre du jour de la séance prévoyait la présentation, par M. Berlemont, d'un *Appareil pour le nettoiement automatique et continu du mercure*, dû à M. TURPAIN; en raison de l'heure tardive à laquelle se termine la communication précédente, cette présentation est renvoyée à la séance du 17 juin.

Société internationale des Électriciens.

La séance du 1er juin 1904 débute par la *Discussion sur les surtensions dans les canalisations électriques*, qui donne lieu à une communication de M. DE MARCHÉNA et à des observations de MM. BRYLINSKY, GUÉRY, PICOU.

D'après M. DE MARCHÉNA, les conclusions données dans la précédente séance (1) sont trop pessimistes et non en accord avec les résultats d'expérience. L'auteur considère d'abord les oscillations en régime permanent, ou oscillations forcées. S'il est vrai en effet que, lorsqu'il y a résonance, la théorie indique que la différence de potentiel aux bornes du condensateur devient $V = E\frac{L\omega}{R}$, il faut remarquer cependant que ce résultat ne tient pas compte de ce fait que la force électromotrice efficace est maintenue constante sur le réseau et par conséquent aux bornes de la capacité. Il en résulte que l'on a

$$\frac{1}{T}\int_0^T V^2\,dt = \text{const.} = U^2$$

(mesurée par le voltmètre).

(1) *Voir* la *Revue électrique*, t. I, p. 285, 15 mai 1904.

Si l'on considère un harmonique d'ordre m, on a

$$V = E_0 \sin\omega t + e_0 \sin m\omega t,$$

d'où l'on déduit

$$\int V^2\,dt = \frac{E_0^2}{2} + \frac{e_0^2}{2} = U^2$$

Comme, d'autre part, $V_{max} = E_0 + e_0$, il en résulte que la surtension prend la valeur

$$\frac{E_0 + e_0}{\sqrt{E_0^2 + e_0^2}},$$

dont le maximum est égal à $\sqrt{2}$.

On peut conclure de ce calcul que, tant qu'il n'y a pas augmentation de la force électromotrice efficace, les harmoniques ne peuvent pas donner lieu à des surtensions supérieures à 40 pour 100.

L'auteur fait remarquer que, même lorsqu'on approche de la résonance due à l'harmonique considéré, il n'y a pas à baisser l'excitation comme on pourrait le croire, car dans l'expression $V = E\frac{L\omega}{R}$, R comprend, comme l'a signalé M. Boucherot dans la séance précédente, les pertes dans le fer, dans l'armature métallique des câbles armés, l'effet Thomson, etc.

Prenant le problème sous une forme plus générale, M. de Marchéna considère ensuite la ligne formée non d'un condensateur unique, mais d'une série de petits condensateurs en cascade accompagnés de petites résistances inductives en tension. En calculant la tension V_x en un point quelconque du réseau, V_0 étant la tension à l'origine libre, on trouve $V_x = V_0 \cos\omega x\sqrt{LC}$ et le rapport $\frac{V_0}{V_x}$ prend une valeur infinie pour toutes les valeurs de x telles que $\cos\omega x = \frac{\pi}{2}(2k+1)$.

En pratique, par suite de la résistance, la courbe de V_x ne revient jamais à 0. La première résonance $k = 0$ donne alors les résultats les plus défavorables. Il en résulte que, puisque la première condition de résonance ne donne pas de dangers considérables, il en sera de même *a fortiori* pour les harmoniques d'ordre plus élevé.

M. de Marchéna étudie ensuite les oscillations propres provenant des variations brusques de régime sur le réseau.

La surtension possible au moment de l'ouverture du circuit dépend de l'intensité que l'on coupe ainsi que de la rapidité de la rupture. En pratique, celle-ci n'est jamais instantanée et l'énergie $\frac{1}{2}LI^2$ est surtout dissipée en chaleur dans l'étincelle de l'interrupteur. Avec les interrupteurs à huile, on ne constate jamais d'augmentation appréciable de la tension : il n'y a pas, notamment, de décharges aux parafoudres.

Plus dangereux sont les accidents possibles sur la ligne, les courts-circuits par exemple. Ce sont surtout ces accidents qu'il faut éviter. On peut d'ailleurs parer aux inconvénients de la surtension qui peut en résulter en choisissant un coefficient de sécurité suffisamment

élevé. Et c'est là la conclusion pratique de la Communication de M. de Marchena, qui préfère cette dernière solution à l'emploi des parafoudres limiteurs de tension, ces derniers pour être efficaces devant être répartis en très grand nombre sur tout le réseau.

M. BRYLINSKI vient discuter la Communication précédente ainsi que celle faite par M. Picou à la séance du 4 mai. Il soutient que les surtensions en régime permanent peuvent être supérieures à 40 pour 100, et fait remarquer à ce propos que, dans ses calculs, M. de Marchena a supposé qu'un seul harmonique agissait à la fois, ce qui n'est pas toujours le cas.

En ce qui concerne l'essai des câbles, M. Picou ayant estimé que cet essai devait être effectué à une tension au moins triple de la tension normale, M. Brylinski signale l'impossibilité d'appliquer cette règle aux tensions très élevées, 40000 volts par exemple; aussi propose-t-il d'essayer les câbles à une tension supérieure d'une valeur fixe telle que 20000 volts par exemple.

L'orateur est également favorable à l'emploi de déchargeurs comme soupapes de sûreté, appareils qui doivent être faciles à construire. Il mentionne aussi l'importance qu'il y a à diminuer les harmoniques dans les courbes des alternateurs, en construisant convenablement ceux-ci.

M. GUÉRY signale l'influence de la fréquence sur la surtension. Les dangers de résonance et de surtension croissent lorsque la fréquence diminue; pour cette raison, il n'est pas prudent de descendre au-dessous de la fréquence 25 périodes par seconde. M. Guéry examine ensuite les conditions à réaliser pour avoir un alternateur à tension sinusoïdale [1].

M. PICOU dit quelques mots seulement à propos d'une Note envoyée par M. Potier et que le défaut de temps ne lui permet pas de lire en entier. Il revient sur les coefficients de surtension qu'il a donnés dans la séance du 4 mai et indique que ces valeurs sont bien conformes à celles qu'il a pu constater en pratique.

Les densités de courant et tensions les plus profitables pour les transmissions d'énergie est le titre d'une Communication de M. SWYNGEDAUW. L'auteur calcule la densité de courant et la tension d'une transmission, étant donné que, disposant d'une puissance génératrice déterminée, on veut transmettre à distance cette puissance et retirer de l'installation le plus grand bénéfice. On trouvera d'autre part dans ce numéro (p. 331) une analyse détaillée de l'étude de M. Swyngedauw.

Un nouveau système d'éclairage électrique des voitures de chemins de fer est ensuite décrit par M. LOPPÉ. M. Loppé décrit un système d'éclairage des trains qu'il a imaginé et que construit la Compagnie générale d'électricité de Creil. Dans ce système, la dynamo est actionnée par l'essieu et dans le circuit de la batterie est branchée une petite dynamo dévoltrice destinée à compenser les variations de tension de la dynamo génératrice en fonction de la vitesse.

Nous n'insistons pas sur cette Communication, M. Ch. Jacquin devant faire dans cette Revue une description détaillée du système Loppé.

[1] *Voir*, à ce propos, l'étude de l'auteur dans *L'Éclairage électrique*, t. XXXVI, p. 51, 11 juillet 1903.

Syndicat professionnel des usines d'électricité.

L'Assemblée générale annuelle de ce Syndicat s'est tenue le samedi 4 juin, dans la grande salle de l'Hôtel des Ingénieurs civils.

Après la lecture des rapports du secrétaire général et du trésorier, trois conférences ont été faites : par M. Chaumat, sous-directeur du Laboratoire central d'électricité, par M. le Dr Foveau de Courmelles et par M. Le Roy.

Le soir, un banquet réunissait chez Ledoyen, aux Champs-Élysées, un grand nombre de membres du Syndicat, dont beaucoup venus de province, ainsi que de nombreux invités, parmi lesquels M. Chapsal, chef de Cabinet, représentant M. le Ministre du Commerce.

La conférence de M. CHAUMAT portait sur la *Télégraphie sans fil*. Elle devait être faite par M. Janet, lequel s'est trouvé empêché au dernier moment. Malgré ce contre-temps, cette conférence a été particulièrement intéressante, M. Chaumat, connaissant à fond le sujet et l'ayant exposé d'une façon très personnelle en multipliant les expériences. Comme point de départ, M. Chaumat montre la transmission de l'énergie à distance par les oscillations de basse fréquence, en disposant parallèlement deux bobines plates, dont l'une est parcourue par un courant alternatif, et dont l'autre devient le siège de courants d'induction. Pour montrer l'influence du milieu intermédiaire sur la quantité d'énergie ainsi transmise, ou sur la distance à laquelle peut s'effectuer la transmission, il répète l'expérience en mettant une tige de fer doux suivant l'axe commun des deux bobines, et constate que, pour une même distance des bobines, les phénomènes deviennent plus intenses, ou qu'on obtient des phénomènes de même intensité pour une distance bien plus grande des bobines. Il passe ensuite aux oscillations plus rapides en considérant les courants de haute fréquence, dont il montre les propriétés saillantes. A ce propos, il fait voir les caractères de l'étincelle oscillante, et se trouve ainsi amené aux oscillations hertziennes dont les propriétés, analogues à celles des vibrations lumineuses, lui permettent de donner une vue d'ensemble de la théorie électromagnétique de la lumière. Mais la production des ondes ne résout qu'une partie du problème de la télégraphie sans fil; il faut encore les recueillir. Dans la seconde partie de sa conférence, M. Chaumat indique quelques-uns des procédés utilisés dans ce but, et montre l'importance de la résonance, phénomène qu'il explicite par l'expérience classique des deux diapasons et par le fonctionnement de l'appareil à corde de caoutchouc, imaginé il y a quelques années par M. Ch.-E. Guillaume. Enfin, dans la dernière partie, il montre comment les principes qu'il a exposés ont été utilisés dans la construction des postes de télégraphie sans fil, et présente à ce propos un poste Rochefort. En terminant, il fait remarquer que les ondes hertziennes peuvent être utilisées à d'autres usages que la transmission de dépêches, et, à titre d'exemple, il les utilise au

déclenchement d'un relais commandant une rampe de lampes électriques à incandescence.

La communication de M. Foveau de Courmelles, sur *le Radium*, a été non moins goûtée des assistants. Nous ne ferons, toutefois, que la signaler, le sujet ne se rattachant qu'indirectement à l'électricité.

La conférence de M. Le Roy, sur le *chauffage électrique et son application à la boulangerie,* est d'ordre industriel, et, à ce titre, nous en parlerons plus longuement dans un prochain numéro.

Signalons encore l'allocution prononcée à la fin du banquet par le président du Syndicat, M. Genty, allocution dans laquelle il exprime le désir des industriels de voir aboutir rapidement les projets de loi sur la législation des cours d'eau et sur les distributions d'énergie électrique, et l'allocution de M. Chapsal, où celui-ci, après avoir donné l'assurance que le ministère du Commerce s'intéressait particulièrement à ces projets, convie les électriciens français à prendre part à l'Exposition qui se tiendra à Liège l'année prochaine, et qui déjà promet d'être très importante.

Enfin, mentionnons parmi les distinctions honorifiques accordées à l'occasion de l'Assemblée du Syndicat, la nomination de M. Chaussenot comme officier d'Académie.

Syndicat des industries électriques.

Séance du 10 mai. — La Chambre décide la création d'un secrétariat général. Le vote, au bulletin secret, désigne M. Chaussenot comme secrétaire général.

Sur le rapport de sa Commission des questions administratives et économiques, relatif à la proposition faite à la Chambre des députés de réglementer la profession de chauffeur mécanicien dans l'industrie, la Chambre syndicale est d'avis qu'il est préférable de maintenir le *statu quo*.

Un rapport de cette même Commission au sujet de l'application de la loi du 30 mars 1900, réglementant les heures de travail dans les ateliers, est adopté [1].

La Chambre renvoie à la prochaine séance : 1° le projet d'instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques, après qu'il aura été examiné de nouveau par la première Commission ; 2° le projet de cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armé, dont un nouvel examen sera fait en commun par les 1re et 2e Commissions.

[1] Ce rapport rappelle qu'à propos de l'application du *second palier* de limitation des heures de travail des enfants, filles mineures et femmes, des propositions ont été faites à la Chambre des Députés par MM. Rudelle et Congny, et au Sénat par M. Richard Waddington. MM. Rudelle et Congny demandent à supprimer l'assimilation du travail dans les ateliers mixtes de personnel, protégé ou non, à celle du travail personnel protégé. M. Waddington se borne à demander un peu plus d'élasticité à la réglementation dans l'un et l'autre cas. Le rapporteur est d'avis que la proposition Waddington n'amènerait qu'une atténuation dans les inconvénients du principe d'assimilation posé par la loi du 30 mars 1900, et que les industriels doivent continuer à demander, dans l'intérêt même de l'apprentissage, que cette assimilation disparaisse. (Proposition Rudelle et Congny.)

Association amicale des Ingénieurs-Électriciens.

Séance du 26 avril. — Le Président, M. E. Sartiaux, annonce que l'Association des Industriels de France a l'intention d'ouvrir un concours relatif à des *indicateurs de l'état de charge des conducteurs,* et qu'une commission spéciale, dont il fait partie, a été constituée pour élaborer le programme de ce concours.

M. le Président informe l'Association que deux de ses membres font partie du Bureau de la section française d'électricité de l'Exposition de Liège (1905) : M. Sartiaux, comme président ; M. Robard comme secrétaire-général.

Il est ensuite donné quelques renseignements sur l'excursion projetée à Arras : cette excursion pourrait avoir lieu en juillet ; les frais de voyage, en 1re classe, seraient pour l'aller et le retour de 16fr ; arrivée à Arras vers 10 heures ; visite à l'Exposition ; déjeuner au Buffet (prix 5fr) ; dîner dans le train au retour ; la dépense atteindrait environ 30fr par personne ; les membres de l'Association seraient autorisés à amener leur famille ; le Bureau examinerait s'il n'y aurait pas quelques personnes à inviter.

Congrès national de la Propriété industrielle.

D'après un rapport de M. de Loménie au Syndicat professionnel des Industries électriques, les travaux de ce Congrès qui, ainsi que *La Revue électrique* l'a annoncé, s'est tenu à Paris du 7 au 10 mars, ont été particulièrement importants. Toutes les questions que pourrait soulever une revision générale de la législation sur la propriété industrielle ont été étudiées dans des rapports préparés par l'Association de la propriété industrielle, et les conclusions de ces rapports ont été, après discussions et additions ou modifications, résumées sous forme de projets de loi dont la réunion permettrait une véritable codification de la législation dont il s'agit.

Le Congrès a maintenu les principes de la loi du 5 juillet 1844 sur les brevets, et il a demandé seulement des modifications [1] de détail de cette loi, comme celles

[1] Les principales de ces modifications concernent :

1° Le chiffre et le mode de paiement de la taxe à laquelle donne lieu la possession d'un brevet. Au lieu d'une redevance payable par annuités uniformes de 100fr, le Congrès a demandé l'établissement d'une taxe s'élevant progressivement de 25fr, pour la première année, à 375fr pour la quinzième. Le total de ces annuités, pour quinze ans (le Congrès propose d'avoir cette seule durée pour les brevets) s'élèverait à 3000fr, au lieu de 1500fr d'après la législation actuelle. Mais ce relèvement est nécessaire pour compenser au point de vue budgétaire la moins-value pour les trois premières années, sur un grand nombre de brevets abandonnés durant cette période. On sait d'ailleurs que l'obligation du paiement de l'annuité à la date fixe du commencement de chaque année de la durée du brevet a reçu, par la loi de 1902, un tempérament sous forme d'un délai de trois mois, à partir de la date dont il s'agit, pour effectuer encore le paiement avec une amende qui est aujourd'hui de 5fr, 10fr ou 15fr, suivant que le retard est d'un, deux ou trois mois, que le Congrès de la propriété industrielle propose de fixer uniformément à 10fr.

2° La suppression de la disposition de la loi du 11 avril 1902,

qui lui ont été apportées déjà par la loi du 7 avril 1902.

Toutes ces modifications sont incontestablement des améliorations du régime actuel. Deux propositions adoptées, de MM. Poirier et Armengaud, tendant l'une à contraindre le breveté à céder une licence de son brevet à celui qui y a apporté un perfectionnement, à l'exemple de ce qui est établi par la Suisse, l'autre à ne prononcer la déchéance d'un brevet pour défaut d'exploitation que lorsque ces licences, demandées à des conditions raisonnables, auraient été refusées, soulèvent, la première surtout, plus d'objection, et demanderaient tout au moins à être mises en harmonie, pour leur application, avec la législation actuelle en matière de brevets, et les dispositions des conventions internationales.

L'institution d'une juridiction technique spéciale en matière de brevets a été chaudement défendue par M. Armengaud, qui s'est fait depuis longtemps le champion de cette idée. Le Congrès s'est borné à adopter une proposition demandant des simplifications de détail dans la procédure en matière de brevets. L'idée de M. Armengaud avait rallié bien des partisans parmi les industriels. Ce sont surtout les jurisconsultes qui l'ont combattue. Elle sera reprise et mériterait une étude spéciale.

En dehors des questions relatives aux brevets, le Congrès a adopté les principes des deux projets relatifs, l'un aux dessins et modèles de fabrique, l'autre aux marques de fabrique et de commerce, qui tendent à préciser les conditions de dépôt des dessins et modèles d'une part, des marques de fabrique d'autre part.

Le Congrès a également adopté un projet très intéressant tendant à accorder, comme en Allemagne, le droit à tout industriel ou commerçant de céder, en même temps que son fonds de commerce, les nom, surnom et raison sociale sous lesquels il exerce son industrie, en autorisant son successeur à s'en servir, non seulement pour désigner son établissement, mais comme signature sociale, moyennant inscription sur un registre; il a adopté de même un projet relatif aux indications de provenances, projet permettant de saisir les produits portant des indications frauduleuses de provenance, et même les circulaires tendant à induire en erreur sur cette provenance.

qui permet à un inventeur de maintenir son brevet secret pendant une année.

3° La suppression du privilège du breveté principal pour les changements, perfectionnements et additions, pour lesquels il demanderait lui-même, pendant une année, un certificat d'addition ou un brevet.

4° La suppression du lien entre le certificat d'addition et le brevet au point de vue de la nullité qui atteint, aujourd'hui même, ce qui est brevetable dans le certificat d'addition en cas de nullité pour défaut de nouveauté du brevet principal.

5° La faculté pour les inventeurs de céder leurs brevets par actes sous signatures privées et sans être astreints au paiement des annuités par anticipation, avec inscription de tout contrat concernant la propriété ou l'exploitation des brevets d'un extrait sur un registre de l'Office National de la propriété industrielle.

6° Le remplacement de la mention S. G. D. G. à la suite de l'indication du brevet par celle du numéro du brevet.

7° La limitation de la poursuite pénale en matière de contrefaçon aux contrefaçons de mauvaise foi après publication du brevet.

Exposition de Parafoudres industriels à Grenoble.

A l'occasion du Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences qui se tiendra cette année à Grenoble, du 4 au 11 août, l'Association des anciens élèves et élèves de l'Institut de Grenoble organise une exposition de parafoudres industriels. Cette Exposition s'étendra d'ailleurs à tous les types d'appareils et dispositifs de toute sorte ayant pour but de protéger les canalisations électriques (pour courant continu ou alternatif, à haute ou basse tension, aériennes ou souterraines, etc.), contre les décharges atmosphériques ou les surtensions anormales provenant de l'exploitation ou d'accidents; les appareils accessoires tels que résistances ou fusibles à placer sur la ligne de terre, etc., y trouveront également place.

Le Comité d'organisation fait appel à tous les constructeurs français et étrangers et les prie d'envoyer, avant le 20 juillet, leurs appareils accompagnés de notices explicatives au Siège social de l'Association, 1, rue Général-Marchand, Grenoble, Isère.

Ajoutons que la question des parafoudres a une importance capitale dans les régions comme le Dauphiné, où un grand nombre de transports d'énergie sont en activité et où les orages sont assez fréquents; elle est un souci perpétuel pour les exploitants qui en sont encore à chercher le parafoudre idéal; aussi l'Exposition projetée présente-t-elle un réel intérêt.

Inauguration de la traction électrique sur la ligne de Liverpool à Southport et Crossens.

L'inauguration du service électrique sur la ligne de chemin de fer de Liverpool à Southport et Crossens, de $37^{km},6$ de long (la description de cette installation se trouve dans une autre partie du journal), constitue un fait important, puisqu'il ne s'agit plus de l'installation d'une ligne métropolitaine, mais de l'électrification d'une portion de grande ligne exploitée auparavant à la vapeur, et restant enclavée dans un grand réseau à vapeur. Cette entreprise, à notre avis, présente surtout de l'intérêt, parce qu'il y a des cas où la traction électrique permet de résoudre des problèmes insolubles avec la traction à vapeur : on a pu augmenter de 70 pour 100 le nombre des trains, tout en les rendant plus rapides, sans doubler les voies de départ et agrandir la gare terminus, comme on eût été contraint de le faire si l'on avait voulu augmenter le trafic à vapeur arrivé à son maximum. Voilà donc un cas où l'on est certain; *a priori*, de l'avis de tous les spécialistes anglais, que la grosse dépense, 10 millions, faite pour l'électrification d'une ligne à vapeur, sera vite regagnée par une exploitation plus économique. Ceci ne veut pas dire évidemment que la substitution de l'électricité à la vapeur soit économique et justifiée sur toutes les lignes existantes; mais c'est déjà quelque chose que d'avoir un exemple où l'avantage est bien apparent.

Une particularité de la ligne de Liverpool à Southport, que tous les journaux techniques font ressortir avec ensemble, c'est que l'installation a été faite très rapidement (commencée le 8 mars 1903, elle a été soumise aux premiers essais le 29 décembre de la même année) et entièrement avec du matériel anglais. *The Engineer* en particulier, dans son éditorial du 18 mars 1904, manifesta une grande fierté patriotique : « C'est un événement, dit-il, dont l'importance historique égale celle des fameuses expériences de Rambill, en 1829; il n'y a pas si longtemps qu'on prétendait que l'Allemagne et les Etats-Unis s'occupaient seuls sérieusement de la traction électrique. Or, tandis qu'en Allemagne on abandonne le projet de chemin de fer électrique rapide entre Berlin et Hambourg, en Angleterre on inaugure la traction électrique sur deux grands réseaux à la fois, à Liverpool et à Newcastle. On a répété à satiété que les Américains, seuls, étaient capables de fournir un bon matériel pour les chemins de fer électriques. Nous avons suivi avec intérêt les entreprises des Américains; leurs succès, leurs erreurs et leurs fautes ont été également instructifs pour nous. Ce sont évidemment les pionniers des nouvelles industries, en raison de leur grande énergie commerciale et de l'absence d'entraves administratives ayant pour objet la sécurité publique des personnes et de leur portemonnaie. On nous accuse, nous Anglais, d'être lents et conservateurs, parce que nous n'aimons pas à commettre des erreurs. Si le développement de l'électricité a été, certainement, lent chez nous, — les restrictions législatives y ont été pour beaucoup, — nous allons maintenant de l'avant, mais nous ne sommes pas partisans du système américain : de faire « léger et user vite pour remplacer souvent ». Nous aimons des engins robustes, tels que les superbes machines de la station centrale de la ligne, à Formby, auprès desquelles les machines américaines de la station du Central London paraissent des joujoux, des brimborions (toys). La suprématie de l'Angleterre pour les machines à vapeur n'est pas discutée; l'installation de Liverpool montre, d'une façon éclatante, que, pour le matériel électrique également, il n'y a rien, à l'étranger, que nos ateliers anglais ne puissent exécuter, au moins aussi bien. C'est une chose bonne à dire, quoiqu'elle puisse ne pas plaire à tout le monde. »

Les observations du journal anglais seraient bien un peu applicables aussi en France. Les locomotives à vapeur commandées, au moment de l'Exposition, en Amérique, notamment par le réseau de l'État, ont eu une carrière désastreuse; le résultat de l'expérience a été excellent pour les constructeurs français, qui ont vu les Compagnies de chemins de fer leur revenir plus fidèles. L'engouement que l'on a, en France, pour le matériel ou les modèles électriques venus de l'étranger n'est pas justifié non plus, si ce n'est, dans une certaine mesure, par la timidité industrielle excessive de quelques-uns de nos grands ateliers mécaniques.

L'inauguration du chemin de fer électrique de Liverpool offre encore un autre enseignement, à notre point de vue professionnel. Les journaux techniques anglais et américains ont pu, *tous* en même temps et *au moment même de l'ouverture de la ligne*, en donner une description détaillée et abondamment illustrée, parce que la Compagnie de chemins de fer et le constructeur se sont empressés de leur faire visiter toute l'installation et de leur fournir des documents complets, — les mêmes à tous. Ceci n'est pas un cas isolé; nous en avons déjà constaté maints exemples.

En France, les grandes et même les petites Compagnies de chemins de fer, et aussi des sociétés d'éclairage, au lieu de pousser la presse technique à décrire leur installation en leur *offrant* les matériaux nécessaires, comme en Angleterre, semblent vouloir cacher jalousement ce qu'elles ont fait : on dirait qu'elles ont des secrets d'État à garder. Il ne faut pas aller les trouver au moment de la mise en route; elles sont, à ce moment-là, bien trop occupées, si occupées qu'elles se contentent généralement d'inviter les autorités locales à l'inauguration et négligent la presse technique; si, au bout d'un temps plus ou moins long, suivant l'appréciation de chaque journal, nous voulons obtenir des renseignements, il nous faut faire souvent de longues et multiples démarches auprès de divers services pour avoir la faveur de visiter l'installation; et c'est généralement tout; on déclare ne pas avoir ou ne pouvoir nous fournir les données numériques détaillées et les photographies et plans qui nous sont indispensables pour en faire un article vraiment intéressant. Quant aux ingénieurs d'exploitation et aux constructeurs, qui seraient à même de nous communiquer des documents, ils ne peuvent le faire qu'avec l'autorisation des Compagnies, qu'ils ne demandent pas, de peur de déplaire à celles-ci. Rebutés de la sorte, nous renonçons souvent à décrire des installations intéressantes avec toute l'ampleur qu'elles méritent. Ces errements ne sont guère préjudiciables à la presse technique, qui trouve toujours quelque autre chose à donner en pâture à ses lecteurs; ce sont les entreprises et les industries françaises qui en souffrent. Comment les intéressés ne le voient-ils pas? Tandis qu'en Angleterre une installation comme celle de Liverpool a immédiatement un retentissement énorme dans le pays et au dehors, des installations importantes de chemins de fer électriques, faites en France, sont considérées comme de peu d'intérêt par le monde technique étranger, et même français, parce qu'elles n'ont été signalées que brièvement ou pas du tout dans les journaux spéciaux, sans qu'il y ait aucunement de la faute de ceux-ci.

Informations diverses.

Sociétés nouvelles : Société en nom collectif Hoge et Gerstner (lampes électriques à incandescence), 4, rue Rouget-de-Lisle, Asnières. Durée 3 ans. Capital 12500fr. Acte du 22 mars.

— Compagnie d'appareils électriques, 8, rue Pillet-Will, Paris. Durée 50 ans. Capital 200000fr. Acte du 26 mars.

— Société en commandite par actions E. Hermite et Cie (thermo-électricité), 27, rue des Cloys, Paris. Durée 50 ans. Capital 560000fr. Acte du 25 mars.

Tome I. — N° 12. **30 Juin 1904.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE J. BLONDIN,

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, CHARPENTIER, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, GUILBERT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN, PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

SOMMAIRE.

I. **Article :** Système Loppé d'éclairage électrique des trains, par M. CH. JACQUIN, p. 353; Suppression de l'hystérésis magnétique, par M. CH. MAURAIN, p. 358.

II. **Analyses et Comptes rendus :** Génération et Transformation, p. 363; Transmission et Distribution, p. 365; Applications mécaniques, p. 365; Éclairage, p. 368; Divers, p. 373.

III. **Bibliographie,** p. 374. — IV. **Variétés et informations,** p. 375.

SYSTÈME LOPPÉ D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS.

Les systèmes autogénérateurs (¹) d'éclairage électrique des trains les plus employés, le Stone d'Angleterre, le Vicarino de France, le Dick d'Autriche, qui ont commencé avec une seule batterie, en ont ensuite adopté *deux* parce que cette méthode permet d'obtenir tout naturellement, sans aucun dispositif ni ajustement spécial, quel que soit le roulement des trains éclairés, une *tension aux lampes* parfaitement constante. Pour obtenir ce résultat mathématiquement, il suffit de placer (*fig.* 1) entre la dynamo D et la batterie B qui alimente les lampes L, une résistance R assez forte pour qu'au moment du débit maximum de la dynamo, celle-ci vienne en aide aux accumulateurs B, mais ne les charge jamais; ou, en d'autres termes, il suffit que le courant circulant dans le circuit RB ne dépasse jamais le débit des lampes. En effet, si cette condition très simple à réaliser une fois pour toutes se trouve remplie, la tension aux lampes (égale à celle de la batterie B puisqu'il y a liaison *directe* entre les deux

(¹) Les systèmes d'éclairage électrique des trains peuvent être divisés en deux grandes classes: 1° ceux par accumulateurs dans lesquels l'énergie électrique emmagasinée dans des accumulateurs et dépensée en marche est restituée au terminus par une installation fixe de charge, et 2° les systèmes autogénérateurs dans lesquels l'énergie électrique consommée par les lampes est produite sur le train même pendant la marche par une dynamo. Chacune de ces classes comprend deux catégories suivant qu'il y a une source électrique unique pour tout un train ou une par voiture. J'ai décrit dans une série d'articles publiés en 1902 dans *L'Éclairage électrique* (t. XXXI, p. 341 et 428; t. XXXII, p. 417 et 457) les systèmes des deux classes existant à l'époque en Europe. J'ai donné ensuite, dans *L'Éclairage électrique* des 1er et 8 août 1903, t. XXXVI, p. 161 et 207, d'après une communication à l'American Institute of Electrical Engineers, quelques descriptions sur les systèmes employés en Amérique.

Il existe très peu d'applications (en Russie et au Cap seulement) d'éclairages autogénérateurs sans accumulateurs. L'emploi de systèmes de ce genre a été proposé par M. Neil Williams en février 1903 à l'American Institute (*L'Éclairage électrique* t. XXXVI, p. 216), et par moi-même en mai 1902 à la Société des Electriciens de Paris (*L'Éclairage électrique* du 21 juin 1902, t. XXXI, p. 436), pour des cas particuliers.

Presque tous les systèmes autogénérateurs comportent des accumulateurs destinés à assurer l'éclairage pendant les arrêts si la dynamo est mue par l'essieu et pendant les changements de machines si la dynamo est actionnée par un moteur empruntant la vapeur à la locomotive.

organes), qui est de 1,90 volt par élément pendant les arrêts où la dynamo est disconnectée, sera encore de 1,90 volt ou 1,95 volt pendant

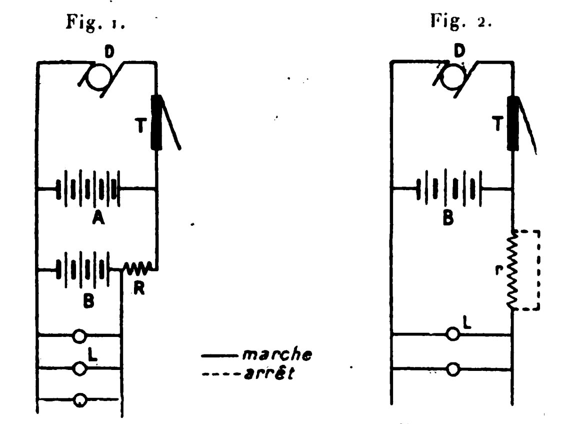


Schéma d'un système autogénérateur à double batterie.

Schéma d'un système autogénérateur à simple batterie.

la marche, quelle que soit l'allure du train. Pendant ce temps, la seconde batterie A, directement reliée à la dynamo D, pourra se charger à un régime plus ou moins fort; les batteries A et B sont interverties automatiquement à chaque allumage du train dans les systèmes Dick et Vicarino, et à chaque changement de sens de marche dans le système Stone. Mais, si l'on fonctionne dans ces conditions, les deux batteries d'accumulateurs doivent avoir une capacité assez forte, parce que la batterie B, ne recevant en marche aucune charge, doit fournir une bonne partie de l'énergie dépensée par les lampes pendant la durée souvent fort longue d'un voyage aller et retour, sinon l'on s'expose à avoir des épuisements d'accumulateurs dans les trains à longs arrêts et à marche lente où la dynamo fournit peu d'énergie aux lampes et aussi à la batterie en charge A (qui a été auparavant batterie d'éclairage B). J'ai proposé en 1902 (1) d'intervertir les batteries à des intervalles rapprochés, une heure par exemple, pendant le cours du voyage, par un dispositif de déclenchement automatique agissant toutes les fois que l'essieu aurait effectué un nombre de tours déterminé correspondant, par exemple, à un parcours de 75 kilomètres; ce procédé permettrait de réduire l'importance des batteries sans crainte d'épuisement, puisqu'elles n'auraient plus à travailler individuellement en décharge que pendant des périodes d'éclairage très courtes, marche et arrêts compris.

Dans les systèmes à batterie unique, dont la figure 2 représente le schéma général, il est beaucoup plus difficile d'obtenir une tension constante aux lampes, parce que la tension des accumulateurs B alimentant les lampes, qui est de 1,90 par élément en décharge pendant les arrêts, sera bien plus élevée pendant la marche lorsque la batterie B se chargera en même temps qu'elle éclairera, c'est-à-dire recevra de la dynamo D un courant supérieur à celui dépensé dans les lampes L, ce qui oblige à intercaler pendant la période de marche une résistance d'absorption r entre les lampes L et la batterie pour tenir compte de l'élévation de force électromotrice de celle-ci. Mais cette élévation de force électromotrice ne peut être compensée pour tous les cas qui se présentent par une résistance fixe r, parce que la force électromotrice varie de 2,1 à 2,7 volts, suivant l'allure du train et suivant l'état de saturation des accumulateurs. On ajuste généralement cette résistance r pour absorber la différence entre 2,3 volts et 1,9 volt, mais alors on observe des surtensions très fortes aux lampes lorsque la force électromotrice atteint 2,6 à 2,7 volts par élément. Si l'on veut éviter cet ennui en réduisant le débit maximum de la dynamo, on retombe dans un autre inconvénient : dans les trains à marche lente et à nombreux arrêts, la dynamo ne restitue plus assez d'énergie à la batterie, qui s'épuise, comme j'ai été à même de le constater maintes fois.

Le remède consiste à régler le débit maximum de la dynamo à une valeur assez élevée pour être sûr d'éviter les épuisements de la batterie, et à éviter les surtensions aux lampes par un dispositif empêchant la tension aux accumulateurs de dépasser une certaine valeur, par exemple 2,3 à 2,4 volts par élément. La solution de ce problème, qui paraît très simple en théorie, est au contraire très difficile à réaliser en pratique ; les tentatives faites avant 1902 n'avaient pas donné de bons résultats ; plusieurs solutions satisfaisantes ont été obtenues depuis cette époque.

M. Küll, en premier lieu, dont les appareils sont construits par la maison Brown-Boveri, est arrivé à établir un disjoncteur suffisamment précis (en

(1) *L'Éclairage électrique*, t. XXXII, p. 462.

forme de balance électrodynamique) (¹) pour couper régulièrement le courant de charge lorsque la tension atteint 2,4 volts (²). Ce limiteur de charge ne peut, bien entendu, agir comme conjoncteur, puisque, après la disjonction de la dynamo, les lampes sont alimentées par les accumulateurs, avec suppression de la résistance r, à la tension de décharge de 1,9 volt par élément jusqu'au prochain arrêt, où le limiteur se trouve ramené au repos, de sorte qu'au prochain départ la dynamo D est reconjonctée à la batterie. Celle-ci fournit donc le plein éclairage non seulement pendant les arrêts, mais aussi pendant une portion de la marche. Aussi, pour éviter les épuisements d'accumulateurs, est-il nécessaire, dans le système Küll, de donner à la batterie une capacité assez forte. Il est vrai que dans le système Küll on peut obtenir de la dynamo un débit beaucoup plus élevé aux faibles vitesses, que dans les systèmes Vicarino et Stone, parce que la régulation de la force électromotrice de cette dynamo, à l'aide d'un rhéostat d'excitation commandé par un appareil centrifuge, est beaucoup moins sensible aux variations de vitesse ; le débit de cette dynamo varie donc surtout suivant l'état de saturation des accumulateurs.

M. Loppé vient de réaliser la solution du problème par un moyen tout différent. Dans tous les systèmes existant jusqu'à présent, la tension aux lampes était commandée en marche par la force électromotrice des accumulateurs. M. Loppé, au lieu de compter sur la régularité de force électromotrice des accumulateurs pour maintenir constante la tension des lampes (ce qui n'est pas déjà si facile comme on l'a vu plus haut), compte sur la régularité de la force électromotrice de la dynamo qui, débutant par exemple à 32 volts à la vitesse d'enclenchement de 25 km : h., doit atteindre très vite 36 volts et ne pas dépasser cette valeur aux plus grandes vitesses de 120 km : h. Dans ces conditions, la tension aux lampes qui, dans les arrêts, est forcément donnée par la tension de décharge de la batterie, soit 1,95 volt par élément ou 31 volts au total, ne dépassera pas 32 volts, aux plus grandes vitesses, si l'on intercale en avant des lampes pendant la marche une résistance r (fig. 2) absorbant 4 volts ($36 - 4 = 32$ volts); on évitera ainsi les surtensions d'éclairage. En même temps, la tension aux accumulateurs ne pourra dépasser 36 volts, c'est-à-dire 2,25 volts par élément. Obtenant une force électromotrice de la dynamo génératrice parfaitement constante et pouvant, par conséquent, se passer des accumulateurs pour assurer la tension constante aux lampes en marche, M. Loppé a eu l'idée ingénieuse de couper très peu de temps après la conjonction de la dynamo, à la vitesse de 30 km : h. par exemple, la connexion entre les accumulateurs et les lampes, qui sont alors reliées directement avec la dynamo. Il résulte de ce dispositif que les accumulateurs, qui se chargent pendant toute la durée des périodes de marche, n'ont presque plus à fournir, en dehors des arrêts, aucun courant aux lampes et peuvent par conséquent avoir une faible capacité, sans que les épuisements soient à craindre.

Le montage adopté est représenté sur la figure 3.

Fig. 3.

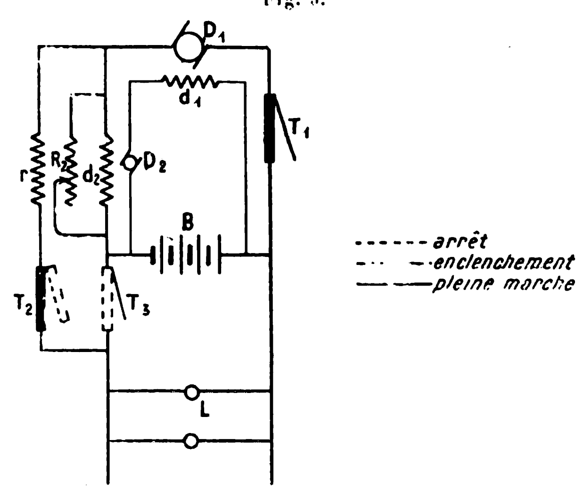


Schéma du système auto-générateur Loppé à une batterie.

Pendant les arrêts, l'interrupteur principal T_1 de la dynamo génératrice D_1 est ouvert; les deux interrupteurs conjugués T_2, T_3 sont le premier

(¹) Voir *L'Éclairage électrique*, t. XXXVII, p. 504, 26 décembre 1903.

(²) Ce dispositif a encore l'avantage accessoire d'éviter la surcharge des accumulateurs qui leur est défavorable, mais que l'on n'a pourtant pas cherché à éviter dans le système à double batterie Stone. Cette surcharge est évitée dans une certaine mesure, dans le système Vicarino à double batterie, par un limiteur de courant.

J'ai vu fonctionner le système Küll sur des trains suisses et j'ai pu constater qu'il donnait une tension pratiquement constante aux lampes. Il était, au 1er juin dernier, appliqué sur 161 voitures des chemins de fer suisses, et en montage sur 80 autres voitures.

ouvert et le second fermé ; par conséquent, les lampes L sont branchées directement, sans intercalation d'aucune résistance, aux bornes de la batterie B de 16 accumulateurs et reçoivent environ 31 volts. A la vitesse de 25 km : h., un appareil centrifuge ferme l'interrupteur T_1, les interrupteurs T_2T_3 ne bougent pas; la dynamo D et la batterie B restent, jusqu'à 27 ou 28 km : h., reliées en parallèle sur les lampes L ; il n'y a toujours pas de résistance en avant des lampes, mais la force électromotrice de la dynamo n'étant, au moment de la conjonction, que de 33 volts et ne montant pas à plus de 33 à 34 volts dans ce court espace de temps, la batterie ne reçoit guère plus que le courant dépensé par les lampes et ne leur donne pas plus de 32 à 33 volts. A la vitesse de 28 km : h. l'appareil centrifuge produit le déclenchement du couple d'interrupteurs T_2T_3. T_3 coupe la liaison des lampes L avec la batterie B, tandis que T_2 relie les lampes L avec la dynamo D, avec interposition de la résistance d'absorption r, calculée pour manger 4 volts. A ce moment se produit une petite baisse dans les lampes dont la tension précédente de 33 volts devient, si la force électromotrice de la dynamo est alors de 34 volts, $34 - 4 = 30$ volts, soit une chute de 3 volts. Mais, presque aussitôt après le déclenchement, la force électromotrice de la dynamo montant à 36 volts, la tension aux lampes atteint $36 - 4$, soit 32 volts, et ne la dépasse plus ensuite. Cette tension est donc, en pratique, suffisamment constante.

Le problème très difficile consistant à obtenir pour des vitesses variant de 20 à 120 km : h. une force électromotrice non plus à peu près, mais rigoureusement constante, a été résolu par M. Loppé d'après le raisonnement suivant : Si la dynamo génératrice travaille loin de la saturation, même aux grandes vitesses, sa force électromotrice est proportionnelle au flux Φ constant, à la vitesse angulaire ω et à son courant d'excitation i,

$$E = K\Phi\omega i.$$

Il faut et il suffit pour maintenir E constant que le courant d'excitation i varie en raison inverse de la vitesse angulaire ω, c'est-à-dire décroisse à mesure que le nombre des tours par minute augmente suivant une hyperbole équilatérale abc (*fig.* 4). Ceci revient à alimenter le circuit indépendant d'excitation d_1 (*fig.* 3) de la génératrice (de résistance constante) par une force électromotrice e décroissante, représentée à l'échelle près par la courbe abc (*fig.* 4), et obtenue elle-même en opposant, dans ce circuit, à une force électromotrice constante $e_1 = oo'$ (la batterie d'accumulateurs B de la figure 3) une force contre-électromotrice e_2 (*fig.* 4) croissant

Fig. 4.

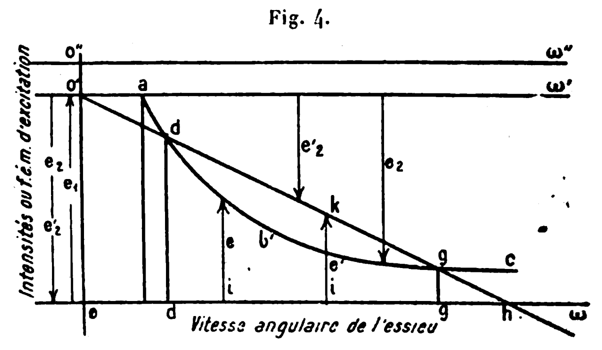


Diagramme du fonctionnement du système Loppé.

avec la vitesse angulaire de la génératrice suivant la courbe abc comptée en dessous de l'axe des abscisses $o'\omega'$ et fournie par une dévoltrice : $e = e_1 - e_2$. Cette dévoltrice est une petite dynamo mue comme la génératrice par l'essieu et qui, si elle possédait une excitation indépendante constante (par exemple branchée aux bornes de la batterie) donnerait une force contre-électromotrice e'_2 croissant en proportion directe avec la vitesse angulaire ω de l'essieu et représentée par la droite $o'dkgh$. En deçà du point d'intersection d, la force contre-électromotrice e'_2 serait trop faible ; au delà du point g elle serait trop forte et arriverait même en h à annuler complètement l'excitation e de la dynamo D qui s'inverserait ensuite. Mais, en se maintenant dans les limites voisines de ces deux points d'intersection, c'est-à-dire en conjonctant la dynamo peu de temps avant d et en faisant en sorte que la vitesse maxima des dynamos ne dépasse qu'à peine le point g, on obtiendrait une force électromotrice d'excitation $e' = o'dkgh$ de la dynamo principale se rapprochant suffisamment de la courbe théorique $adbgc$. (Lorsque la tension e_1 des accumulateurs passerait de 1,9 volt à 2,3 volts, la force contre-électromotrice e_2 se trouverait augmentée de la même quantité, c'est-à-dire que l'axe auxiliaire des abscisses $o'\omega'$ se trouverait remonté en $o''\omega''$, mais la droite $o'dgh$ ne bougerait pas et la force électromotrice d'exci-

tation e' ne changerait pas.) M. Loppé a préféré, au lieu d'exciter la dynamo auxiliaire par un circuit séparé, alimenté à tension constante par les accumulateurs, réaliser cette excitation par un enroulement d_2 traversé (*fig.* 3) par le courant de charge de la batterie B ; la force contre-électromotrice e_2 ne croît plus alors indéfiniment avec la vitesse et l'on peut ainsi dépasser la vitesse g (*fig.* 4) sans avoir à craindre une inversion de l'excitation e de la dynamo principale ; on se rapproche peut-être aussi un peu plus de la courbe théorique *adbc*, qu'avec la droite $o'dkgh$ [1].

Enfin, détail accessoire du système Loppé, on ne fait passer dans l'excitation de la dynamo auxiliaire qu'une fraction du courant de charge dont on peut maintenir la valeur constante, tout en faisant varier le courant réel de charge par le rhéostat en dérivation R_2. M. Loppé prévoit que l'on changera l'ajustement du régime de charge de la batterie lorsque les périodes d'arrêts et de marche varieront considérablement d'un jour à l'autre, comme dans l'Express-Orient, par exemple, mais il pense que pour les trains ne sortant pas d'un réseau on pourra ajuster une fois pour toutes le rhéostat de charge R_2. Ceci nous paraît une condition absolument indispensable à réaliser, et que tous les systèmes déjà existants en Europe réalisent ; les Compagnies de chemins de fer ne veulent pas, à juste raison, vu les changements fréquents et subits de roulement de leurs voitures, s'assujettir à faire varier un rhéostat lorsque les voitures changent de train ou même de réseau.

Le système Loppé n'a pas encore été expérimenté sur des trains, mais, détails de construction mécanique à part, il y a toutes chances pour qu'il donne de bons résultats. On a pu constater, en effet, sur un modèle fixe d'essai présenté en juin dernier à la Société des Électriciens de Paris, que le dispositif de régulation automatique de force électromotrice de la dynamo qui forme la base du système, fonctionne régulièrement, comme le voulait la théorie exposée plus haut.

On peut donc admettre que le système Loppé donnera une tension aux lampes, sinon aussi parfaitement constante que les systèmes à double batterie, du moins pratiquement bien assez constante. Le système Loppé aura alors sur les systèmes Stone et Vicarino l'avantage de n'exiger qu'une seule batterie de faible capacité. Il est vrai qu'il comporte en plus une dynamo auxiliaire, mais cette dernière est un organe moins délicat qu'une batterie d'accumulateurs et qui peut coûter moins cher d'établissement et surtout d'en-

---

[1] Jusqu'à présent, on n'avait cherché à réaliser qu'une force électromotrice de la dynamo variant peu avec la vitesse du train. Dans le système Stone, il n'y a aucun réglage de la dynamo parce que, grâce au glissement de la courroie de commande de la dynamo, celle-ci tourne à vitesse à peu près constante, quelle que soit la vitesse de l'essieu ; dans le système récent Böhm, expérimenté en Allemagne, on utilise le glissement plus ou moins grand d'une sorte d'embrayage électromagnétique, suivant le débit total de la génératrice pour maintenir la vitesse de celle-ci sensiblement constante ; dans tous les autres systèmes connus, la dynamo tourne à une vitesse angulaire proportionnelle à celle de l'essieu et l'on effectue une régulation automatique de sa force électromotrice. Dans les systèmes Dick, Küll et dans le système américain Moskowitz, cette régulation se fait par introduction mécanique ou électrique de résistance dans l'excitation de la génératrice.

J'avais prévu, dans un projet étudié en 1893, une régulation par excitation compound, avec un circuit shunt et un circuit inverse intercalé dans le circuit principal de la dynamo ; ce dispositif a été employé depuis par divers constructeurs : Kewis, Vicarino, Société Tudor de Berlin.

M. Loppé avait, avant d'arriver au présent système, imaginé un autre système de régulation par excitation compound de la génératrice (voir *L'Éclairage électrique*, t. XXXI, p. 181, 8 nov. 1902) ; cette excitation comportait un circuit séparé alimenté à tension constante, par la batterie d'accumulateurs par exemple et un circuit shunt. M. Loppé a renoncé à cette méthode, qui n'aurait peut-être d'ailleurs pas donné une régularité aussi parfaite que son procédé actuel, parce qu'elle conduisait, pour avoir de l'efficacité, à mettre sur la dynamo 7 à 8 fois plus de cuivre que dans les types ordinaires.

Dans un système américain présenté par M. Bliss à l'American Institute le 27 février 1903 (voir *L'Éclairage électrique*, 8 août 1903, t. XXXVI, p. 207), on trouve, comme dans le système Loppé actuel, une dévoltrice produisant une force contre-électromotrice dans un circuit excitateur de la génératrice. Mais cette dévoltrice, au lieu d'être actionnée à la vitesse variable de la génératrice et à excitation sensiblement constante, comme dans le système Loppé, marche au contraire à vitesse constante (elle est accouplée à un moteur shunt branché aux bornes de la batterie) et à excitation croissant avec le débit de la dynamo ; la génératrice possède en outre un autre enroulement excitateur shunt. Il est probable que ce dispositif américain, qui ne paraît pas avoir été calculé sur des bases bien précises, ne donne qu'une régulation approchée.

tretien. Le système Loppé a encore l'avantage de ne comporter que deux disjoncteurs à fonctionnement entièrement mécanique et, par suite, beaucoup plus robustes que les appareils de déclenchement électriques, disjoncteurs ou conjoncteurs de charge du système Vicarino à double batterie et du système Küll à simple batterie.

Toutefois je trouve encore plus simple et plus séduisant le système de la Société Tudor (régulation automatique de la tension aux lampes par des lampes à incandescence en fer) parce qu'il évite l'emploi d'une dynamo auxiliaire. Avec une dynamo ayant une régulation approximative par contre-enroulement excitateur série, on obtient un équipement qui, en en dehors de l'induit de la dynamo et du conjoncteur-disjoncteur électrique ou mécanique ne contient aucun autre appareil *mobile* et fournit néanmoins une tension parfaitement constante avec une seule batterie.

Ch. Jacquin.

SUPPRESSION DE L'HYSTÉRÉSIS MAGNÉTIQUE.

COURBES D'AIMANTATION RÉVERSIBLES.

Lorsqu'un noyau magnétique est soumis à l'action d'un champ magnétique, son intensité d'aimantation ou, ce qui revient au même, l'induction magnétique dans ce noyau n'est pas définie par la valeur actuelle du champ magnétique ; elle dépend, d'une manière complexe, de l'histoire antérieure magnétique du noyau : c'est l'ensemble des faits provenant de là qu'on rassemble sous le nom d'*hystérésis magnétique*. La traduction graphique de ces phénomènes consiste en ce que, si l'on fait croître puis décroître le champ magnétique, la courbe qui représente, en fonction du champ, l'intensité d'aimantation ou l'induction magnétique, présente deux branches, l'une correspondant aux valeurs croissantes, l'autre aux valeurs décroissantes du champ.

Est-il possible de supprimer, par des actions auxiliaires se superposant à celle du champ magnétisant, les phénomènes d'hystérésis, et par suite d'obtenir une courbe d'aimantation ou d'induction magnétique réversible, c'est-à-dire la même à champ magnétisant croissant ou décroissant ?

Cette question doit être divisée en deux autres : Peut-on obtenir une telle courbe réversible ? A cette question la réponse est affirmative ; on connaît plusieurs actions auxiliaires qui permettent d'obtenir ce résultat ; je résumerai tout à l'heure l'étude que j'ai faite de celles qui étaient déjà connues et de plusieurs procédés nouveaux. Mais, de plus, ces différentes actions conduisent-elles à *la même* courbe réversible pour un même noyau ? C'est là une condition nécessaire pour que cette courbe soit bien définie, pour qu'elle définisse d'une manière précise l'induction magnétique comme fonction du champ magnétisant. Pour répondre à cette question, il faut appliquer à un même noyau, dans des conditions identiques, les différents procédés de réduction de l'hystérésis, et comparer les résultats. C'est cette comparaison, non encore faite jusqu'ici, que j'ai effectuée sur des substances ferromagnétiques de natures diverses. Le résultat est que les courbes correspondant aux différents procédés sont peu différentes, mais sont certainement différentes.

J'indiquerai seulement dans cet article la disposition des expériences et les résultats, renvoyant pour le détail au travail paru récemment dans le *Journal de Physique*.

Actions auxiliaires réduisant l'hystérésis magnétique. — On peut les diviser en deux catégories : actions électromagnétiques et actions mécaniques.

Actions électromagnétiques. — MM. Franklin et Clarke [1] ont obtenu, pour un fil de fer, une courbe d'aimantation réversible en faisant agir, après chaque variation du champ magnétisant, un champ magnétique alternatif de même direc-

---

(1) Franklin et Clarke, *Physical Review*, t. VIII, 1899, p. 304.



tion et d'amplitude décroissante : c'est l'application, étendue à tous les points de la courbe, du procédé bien connu de désaimantation par renversements.

MM. Gerosa et Finzi ([1]) ont obtenu aussi des courbes du même genre, pour des fils de fer, en faisant passer dans le fil lui-même un courant alternatif pendant tout le temps qu'on met à faire croître puis décroître le champ magnétisant agissant sur le fil.

Telles sont, à ma connaissance, les seules expériences ayant fourni des courbes d'aimantation réversibles par l'application d'actions électromagnétiques ; nous verrons d'ailleurs plus loin que, si le procédé de MM. Franklin et Clarke est parfaitement correct, les expériences de MM. Gerosa et Finzi ne donnent pas de courbes bien déterminées ; il faut, pour l'application correcte du procédé qu'ils employaient, faire décroître progressivement jusqu'à o l'intensité du courant alternatif après chaque variation du champ magnétisant.

J'ai pu encore obtenir des courbes uniques d'aimantation par des procédés analogues aux précédents, mais où le courant alternatif est remplacé par des décharges oscillantes (fréquence 10^6 à 10^7).

Disposition des expériences. — L'échantillon à étudier (fils fins de fer ou d'acier, ressorts pour chronomètres, dépôts électrolytiques, tiges allongées) est placé suivant l'axe d'une longue bobine (144^{cm} de longueur, $3^{cm},1$ de diamètre extérieur); cette longue bobine produit, sur la longueur (50^{cm} ou 60^{cm}) occupée par le fil magnétique, un champ qui est uniforme à plus de $\frac{1}{2000}$ près. Elle est à plusieurs couches ; dans les unes passe le courant continu qui produit le champ magnétisant, dans les autres le courant alternatif produisant un champ alternatif longitudinal qu'on peut ainsi superposer au champ magnétisant. Concentriquement à cette bobine et à l'intérieur en est une autre formée d'une seule couche de fil et soigneusement isolée ; on peut y faire passer les décharges oscillantes, produisant ainsi un champ magnétique oscillant se superposant au champ magnétisant ; ces décharges sont produites par le dispositif de Tesla.

([1]) Gerosa et Finzi, *Rendiconti del R. Instituto Lombardo*, t. XXIV, 1891, p. 677.

On peut encore lancer le courant alternatif ou les décharges oscillantes dans le noyau magnétique lui-même, et les communications sont établies de manière qu'on puisse, par le simple jeu de commutateurs, substituer rapidement l'une à l'autre les différentes actions réductrices de l'hystérésis, sans qu'on ait à toucher à la bobine magnétisante ou au noyau magnétique étudié.

L'intensité d'aimantation est mesurée par la méthode magnétométrique unipolaire ([1]).

Remarque générale sur le mode d'emploi des actions réductrices électromagnétiques. — Lorsqu'on emploie un des procédés électromagnétiques de réduction de l'hystérésis, il faut, pour que la courbe unique (à champ croissant ou décroissant) que l'on obtient soit bien définie, faire agir cette action *à intensité décroissante* après chaque variation du champ magnétisant ; en effet, chacun de ces procédés revient à superposer à l'action du champ magnétisant celle d'un champ magnétique auxiliaire (longitudinal ou transversal, alternatif ou oscillant) ; l'aimantation varie constamment sous l'action du champ variable résultant, et le magnétomètre indique seulement une moyenne. Si l'on fait agir constamment l'action auxiliaire, à intensité constante, on retrouve cette même valeur moyenne quand le champ magnétisant passe par une valeur donnée en croissant ou en décroissant, mais la courbe unique qu'on obtient ainsi pour représenter l'indication du magnétomètre en fonction du champ magnétisant n'a pas de signification précise.

D'autre part, l'expérience montre que, pour qu'une de ces actions électromagnétiques réduise complètement l'hystérésis, il faut qu'elle atteigne une certaine amplitude dans sa variation.

([1]) Le magnétomètre employé, construit par la maison Carpentier, est à deux équipages magnétiques solidaires formant système astatique ; le champ directeur est produit par deux aimants placés de part et d'autre du magnétomètre, à la hauteur de l'un des équipages. L'avantage de cette disposition est qu'elle permet d'opérer dans des conditions de bonne sensibilité malgré l'influence perturbatrice de courants vagabonds provenant de lignes voisines de tramways électriques : le champ perturbateur varie peu suivant la verticale des deux équipages magnétiques (dont la distance est 8^{cm}); son action totale sur le système astatique est donc très faible, et un faible champ directeur suffit pour que le zéro du magnétomètre soit bien stable.

Il faut donc, pour l'application correcte d'un de ces procédés électromagnétiques de réduction de l'hystérésis, le faire agir, après chaque variation du champ magnétisant, d'abord avec une amplitude supérieure à l'amplitude limite nécessaire pour la réduction complète, puis en réduisant progressivement cette amplitude jusqu'à o. A mesure qu'on réduit l'amplitude, l'indication du magnétomètre augmente et arrive à une limite bien déterminée pour chaque valeur du champ magnétisant. Cette remarque générale va permettre de réduire à quelques mots ce que j'aurai à dire de l'application de chaque procédé.

A. *Action d'un champ alternatif d'amplitude décroissante, de même direction que le champ magnétisant.* — L'amplitude maximum du champ alternatif nécessaire pour que la réduction de l'hystérésis soit complète dépend de la nature du noyau magnétique : elle est le plus faible pour le fer doux, doit être plus grande pour le fer dur ou l'acier, et encore plus pour l'acier trempé. D'ailleurs, aux fréquences employées (70 à 80) et pour ces substances ferromagnétiques, la localisation superficielle du champ alternatif, sans être très intense, est cependant assez accusée, et, pour que l'amplitude nécessaire soit atteinte jusqu'au centre de la tige, il faut donner au courant alternatif une intensité d'autant plus grande que la tige est plus épaisse. Voici quelques valeurs de l'amplitude maximum nécessaire du champ alternatif, calculées en supposant le courant sinusoïdal : fil de fer pas très doux, de $0^{mm},5$ de diamètre, 12^{gauss} ; ressort pour chronomètre, non trempé, de $0^{mm},1$ d'épaisseur et $0^{mm},3$ de largeur, 25^{gauss} ; tige d'acier de $0^{mm},7$, 28^{gauss} ; ressort pour chronomètre trempé à l'eau, avec 40^{gauss} la réduction de l'hystérésis était encore incomplète. On voit que ce procédé de réduction de l'hystérésis, qui est d'un emploi commode, réussit bien avec des échantillons même assez épais de fer ou d'acier. Les courbes A des figures 1 à 5 ont été obtenues ainsi.

B. *Action d'un courant alternatif d'intensité décroissante parcourant le noyau magnétique.* — Ce procédé est d'une application moins facile que le précédent ; il faut donner au courant alternatif qu'on lance dans le fil ou la tige étudiés une intensité initiale très forte pour obtenir la réduction complète de l'hystérésis ; par exemple, pour un fil de fer assez doux de $0^{mm},22$ de diamètre, il fallait une intensité efficace de $1^{amp.},7$; pour un autre fil de fer de $0^{mm},5$, $1^{amp.},9$; la réduction n'était pas tout à fait complète avec $2^{amp.},7$ pour un fil d'acier non trempé, et encore moins pour des échantillons d'acier trempé.

Cela s'explique facilement : le courant produit dans le noyau magnétique un champ magnétique transversal ; ce qui importe pour que la réduction de l'hystérésis soit obtenue en un point est que l'amplitude du champ magnétique transversal atteigne en ce point une valeur suffisante ; or, en un point d'un conducteur cylindrique le champ transversal est dû seulement au courant traversant le cercle qui a pour rayon la distance a de ce point à l'axe, ce courant agissant comme s'il était concentré sur l'axe. Si la densité du courant est uniforme dans la section et égale à i par unité de surface, ce champ transversal est $2\pi a \times i$; il est donc très faible au voisinage de l'axe ; dans le cas d'un courant alternatif, cette variation est encore accentuée par la localisation superficielle du courant ; il faudra donc que ce courant soit intense pour que l'hystérésis soit réduite jusqu'en des points très voisins de l'axe.

C. *Action d'un champ magnétique oscillant de même direction que le champ magnétisant.* — L'action désaimantante des oscillations électriques a été utilisée pour la création de détecteurs dans la télégraphie sans fil (Rutherford, Marconi, Tissot) ; j'ai pu l'appliquer à l'obtention de courbes réversibles d'aimantation. Les décharges oscillantes sont produites, comme je l'ai dit, par le dispositif de Tesla ; il importe que la bobine de Ruhmkorff soit alimentée par un courant alternatif ; l'emploi des interrupteurs ordinaires introduit dans les effets secondaires une dissymétrie entraînant des phénomènes complexes sur lesquels il est inutile d'insister ici. On place dans le circuit parcouru par le courant oscillant un interrupteur à étincelles dont l'écartement dépend d'une vis micrométrique ; après chaque variation du champ magnétisant, on fait agir les décharges oscillantes en donnant d'abord à la distance explosive une valeur suffisante pour la réduction complète de l'hystérésis du noyau étudié, et en réduisant ensuite cette distance progressivement jusqu'à o.

Ce procédé de réduction de l'hystérésis est très énergique, mais ne s'applique qu'à des échantillons minces, à cause de la localisation

superficielle du champ magnétique oscillant, très accusée à cette fréquence (environ 10^6); j'ai obtenu ainsi la réduction complète de l'hystérésis pour de nombreux échantillons : fil de fer de $0^{mm},22$, fil d'acier de $0^{mm},3$, ressorts pour chronomètre de $0^{mm},1$ d'épaisseur, non trempés ou trempés (à l'huile ou à l'eau), fer électrolytique, etc. Nous en verrons des exemples en rassemblant plus loin les résultats obtenus par les différents procédés.

D. *Action d'un courant oscillant parcourant le noyau magnétique.* — Je n'insiste pas sur l'application de ce procédé, qui se fait en principe comme celle du précédent, et qui permet d'obtenir la réduction de l'hystérésis pour les mêmes échantillons.

Actions mécaniques. — C'est un fait bien connu que les actions mécaniques, les vibrations par choc ou par traction, réduisent l'hystérésis magnétique ; les expériences à ce sujet sont faciles quand on les fait porter sur l'aimantation rémanente. Les expériences précises dans lesquelles on suit l'action d'un champ magnétique croissant ou décroissant en favorisant son action par des vibrations sont plus délicates, parce que le noyau magnétique, placé à l'intérieur d'une longue bobine, est moins accessible et qu'il faut lui redonner dans toute la série d'expériences une même position par rapport aux appareils de mesure. Aussi la plupart des expérimentateurs qui ont étudié cette question n'ont-ils pas réussi à obtenir une courbe réversible d'aimantation, et c'est seulement dans les travaux de M. Ewing qu'on trouve l'indication d'une courbe à peu près réversible obtenue par des actions mécaniques (¹).

Pour moi, j'ai pu obtenir la réduction à peu près complète de l'hystérésis pour deux tiges de fer doux de $1^{mm},5$ et $2^{mm},4$ de diamètre ; la tige est placée dans un tube de verre ou de laiton sur le fond duquel elle repose ; après chaque variation du champ magnétisant, la tige est tirée vers le haut et projetée violemment contre le fond du tube. Les courbes ainsi obtenues à champ croissant et décroissant sont confondues pour les valeurs du champ supérieures à 15 ou 18 gauss, et ne laissent entre elles, pour des valeurs plus faibles, qu'un très petit intervalle. Pour les autres échantillons, la réduction était incomplète.

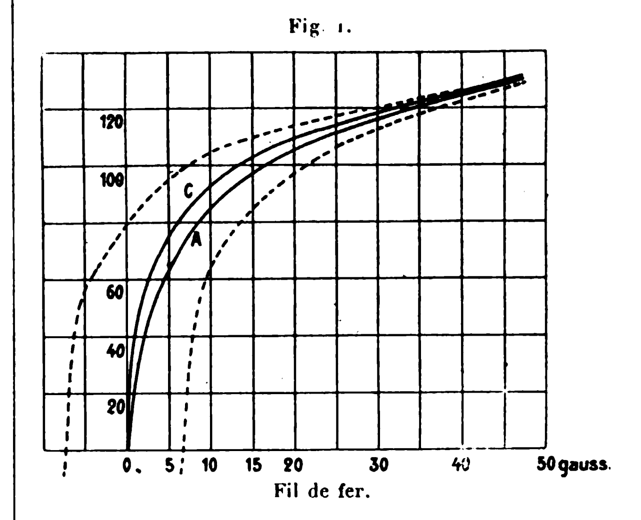
(¹) EWING, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 1885, p. 564 ; ou *Magnetic Induction*, p. 113.

COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS PAR LES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS. — J'ai fait cette comparaison en appliquant successivement les différents procédés à un même échantillon laissé pendant toutes les expériences dans une position fixe par rapport à la bobine magnétisante et au magnétomètre. Je désignerai dans ce qui suivra par A, B, C, D les courbes correspondant aux procédés électromagnétiques indiqués dans les paragraphes correspondants.

Le *résultat général* est que les courbes réversibles obtenues par les différents procédés pour un même noyau magnétique ne coïncident pas ; elles ont le même aspect, c'est-à-dire montent rapidement à partir de l'origine et n'ont pas de point d'inflexion, mais sont nettement différentes ; il est à remarquer qu'elles s'échelonnent dans le même ordre pour tous les échantillons étudiés : la plus élevée est C (champ oscillant), peu au-dessous est D (courant oscillant), puis B (courant alternatif), et enfin A (champ alternatif).

J'indiquerai ici ces résultats seulement par les courbes des figures 1 à 5, se rapportant aux échantillons sur lesquels ont pu être appliqués avec succès le plus grand nombre de procédés ; les abscisses représentent dans ces figures les

Fig. 1.



Fil de fer.

valeurs en gauss du champ magnétisant ; les ordonnées mesurent en unités arbitraires les valeurs de l'intensité d'aimantation.

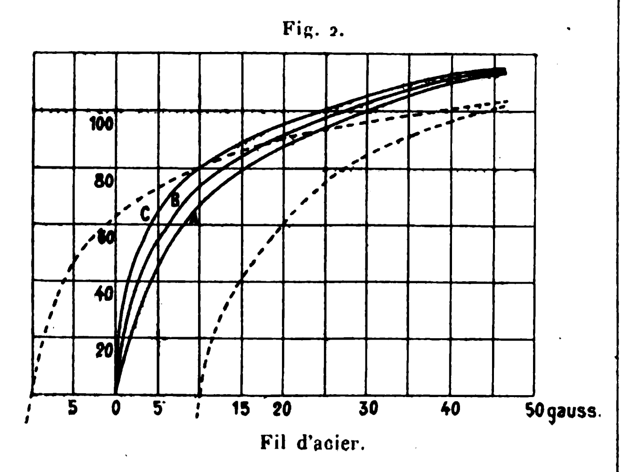
La figure 1 correspond à un fil de fer de

12..

$0^{mm},22$ pour lequel j'ai obtenu les courbes A, B, C, D bien réversibles ; on a figuré seulement, avec la courbe hystérétique ordinaire (en traits discontinus), les courbes extrêmes A et C.

La figure 2 se rapporte à un fil d'acier de $0^{mm},3$; on a représenté les courbes A, B, C ;

Fig. 2.

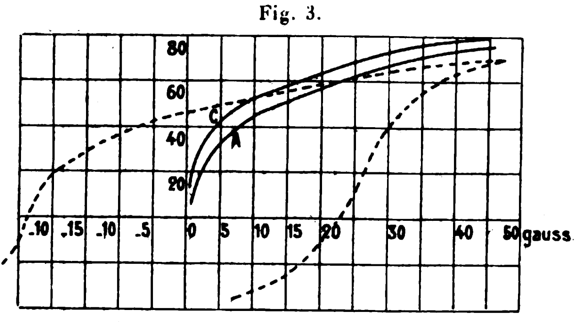


Fil d'acier.

B a donné en réalité à champ croissant et décroissant deux branches légèrement différentes, mais qui seraient à très peu près confondues sur le graphique ; D, qui était bien réversible, est très peu au-dessous de C.

Les courbes de la figure 3 ont été obtenues

Fig. 3.



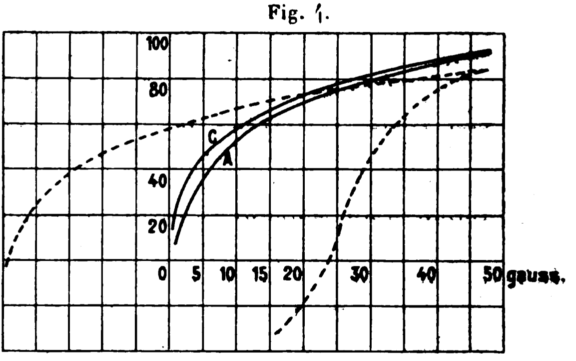
Ressort pour chronomètres, trempé.

avec un ressort pour chronomètre, trempé à l'huile, de $0^{mm},1$ d'épaisseur ; on n'a figuré que A et C; D, bien réversible, est un peu au-dessous de C; quant à l'action B, elle n'a pas réduit complètement l'hystérésis.

La figure 4 correspond à un dépôt électrolytique de fer effectué sur une longue tige de laiton ; comme dans la précédente, on a figuré seulement A et C ; D était également bien réversible, et B ne l'était pas.

La figure 5 se rapporte à l'une des deux tiges de fer doux pour lesquelles j'ai pu obtenir par des actions mécaniques la réduction de l'hystérésis ; l'épaisseur de ces deux tiges rendait très

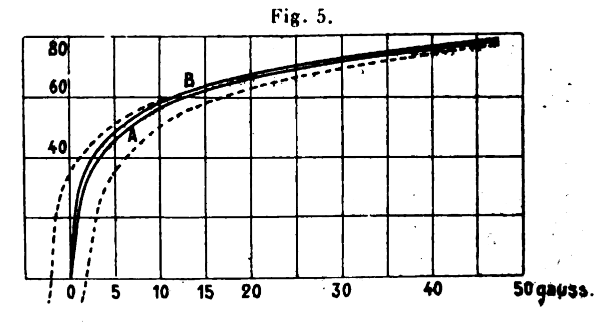
Fig. 4.



Fer électrolytique.

incomplète la réduction par les décharges électriques, mais les courbes A et B étaient pour les deux bien réversibles. Comme pour les échantillons précédents, B est différente de A et un

Fig. 5.



peu au-dessus ; d'ailleurs, pour les deux tiges, la courbe A coïncide avec la courbe obtenue par actions mécaniques sur la partie réversible de celle-ci et s'intercale exactement entre les deux branches très rapprochées de cette courbe pour les valeurs plus faibles du champ. On peut donc dire que, pour ces deux tiges, la réduction de l'hystérésis par l'action d'un champ alternatif décroissant ou par les actions mécaniques conduit aux mêmes valeurs limites de l'aimantation ; mais il reste vrai, pour ces tiges comme pour tous les échantillons étudiés, que tous les procédés de réduction de l'hystérésis ne conduisent pas aux mêmes valeurs limites. On a figuré la courbe hystérétique ordinaire et les courbes A et B correspondant à la plus mince des deux tiges ; la courbe obtenue par actions mécaniques se confondrait sur le graphique avec A.

Ces résultats montrent qu'il faut répondre par la négative à la seconde des questions posées plus haut; les courbes réversibles obtenues étant différentes, rien n'autorise à considérer l'une d'elles comme définissant l'intensité d'aimantation en fonction du champ; il faut considérer l'état magnétique que peut acquérir un corps ferromagnétique sous l'action d'un champ magnétisant donné non comme bien défini, mais comme dépendant du genre d'action qui a réduit l'hystérésis dans chaque expérience. Il est difficile de s'expliquer cela sans admettre une grande complexité des phénomènes qu'on rassemble sous le nom d'*hystérésis magnétique*. Dans les effets de presque toutes les actions physiques sur les corps solides, on constate une hystérésis; il n'est pas douteux que les actions intérieures d'ordre magnétique n'interviennent pour une grande part dans les phénomènes d'hystérésis magnétique; mais il est probable qu'une partie de ceux-ci provient des actions intérieures d'ordre non magnétique qui causent l'hystérésis dans les effets généraux des forces physiques sur les solides.

CH. MAURAIN,
Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Rennes.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

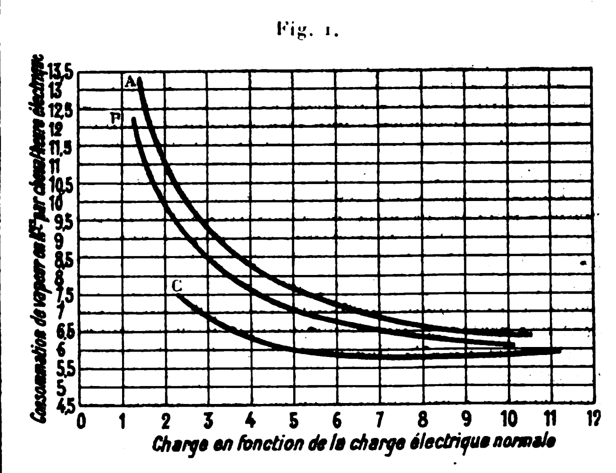
GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Comparaison des turbines à vapeur et des machines à mouvement alternatif au point de vue de l'économie de fonctionnement aux faibles charges, par J. A. SEYMOUR. (*Electrical World*, t. XLIII, p. 651-652, 2 avril 1904).

En comparant les turbines à vapeur aux machines à mouvement alternatif, beaucoup d'expérimentateurs attribuent à celles-ci un coefficient économique médiocre aux faibles charges. L'auteur entreprend de prouver que cette assertion est erronée pour les machines actuelles. Supposons en effet une machine à mouvement alternatif parfaite, dont les cylindres sont faits d'une matière non conductrice, qui ne perd de chaleur ni par les fuites, ni par la condensation dans les cylindres, ni par rayonnement. Il faudrait, pour réaliser avec cette machine la plus grande économie possible, pousser la détente jusqu'à la valeur de la contre-pression au condenseur. Dans une machine réelle, une détente ainsi prolongée fournirait une puissance bien moindre que celle qui correspond à l'économie maxima. Or les machines modernes de construction perfectionnée, consommant peu de vapeur à pleine charge, se rapprochent beaucoup plus de cette machine idéale que les machines moyennement économiques, généralement prises pour terme de comparaison avec les turbines; il s'ensuit donc qu'elles doivent réaliser aux faibles charges une économie proportionnellement plus grande encore, c'est-à-dire que leur courbe de consommation doit être plus aplatie. C'est ce que l'expérience vérifie.

Il convient évidemment de ne comparer les turbines à vapeur qu'à des machines de type économique, représentant bien la meilleure construction actuelle. La figure 1 représente les courbes de consommation de machines à mouvement alternatif dont

Fig. 1.



A. Turbine Westinghouse-Parsons; vide de 68cm,5 dans le tuyau d'échappement. — B. Même machine; vide de 71cm dans le tuyau d'échappement. — C. Moyenne des trois machines Mac Intosh et Seymour; moyenne de surchauffe 65° C.; vide de 45cm dans le tuyau d'échappement.

(1) L'Office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IXe), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.



l'économie de fonctionnement persiste bien aux faibles charges. Les courbes A et B se rapportent à une turbine Westinghouse-Parsons de 1250 kilowatts, la courbe C représente la moyenne des résultats fournis par trois machines Mac Intosh et Seymour de 1600 kilowatts. Ces machines sont du type vertical compound à deux manivelles; elles actionnent directement une génératrice à courant continu faisant 100 tours par minute. Les courbes de la turbine résultent d'essais faits par M. Mattice; la turbine actionnait un alternateur faisant 1200 tours par minute.

Le Tableau ci-dessous donne quelques détails complémentaires sur ces essais.

MOYENNE DES MACHINES.	PUISSANCE NORMALE en kilowatts.	PUISSANCE DÉVELOPPÉE pendant l'essai (chevaux électriques).	PRESSION DE LA VAPEUR au sortir de la chaudière.	SURCHAUFFE au sortir de la chaudière.	DEGRÉ DE VIDE dans le tuyau d'échappement.	CONSOMMATION de vapeur en kilogrammes par cheval-heure électrique.	RENDEMENT THERMIQUE (d'après la puissance électrique fournie).
Pleine charge.							
			kg:cm²	°	cm	kg	
Mac Intosh et Seymour..............	1600	2003	11,4	49	65	5,7	17,84
Turbine Westinghouse-Parsons........	1250	1735	10,2	42,2	68,5	6,2	16,09
Demi-charge.							
Mac Intosh et Seymour................	1600	1146	11,5	41,5	65	5,82	17,72
Turbine Westinghouse-Parsons........	1250	891	10,6	42,7	68,6	7,15	13,93

Pile secondaire à électrodes cylindriques, par OSCAR CHAS SELBACH. (Brevet français 334065 du 5 mai 1903). — L'électrode se compose d'une tige centrale en plomb antimonieux à section triangulaire étoilée. Cette tige est terminée à sa base par un tronc de cône. La matière active est introduite entre cette tige et un cylindre intérieur en matière isolante, perforée de trous très rapprochés et qui forme gril étanche à la matière. Afin d'empêcher le bâillement du cylindre interne et la chute de la matière, on enveloppe l'électrode d'un cylindre externe en plomb antimonieux. Ce cylindre comporte quatre nervures verticales dont une renforcée. Une rondelle isolante coince les cylindres entre eux et isole la tige conductrice du cylindre externe. Les différents cylindres sont fixés à leur partie inférieure et maintenus à égale distance entre eux à l'aide d'un fond mobile en celluloïd perforé au diamètre du séton des cylindres. Enfin deux plaques conductrices relient les cylindres de même polarité.

Accumulateur électrique, par EBSTEIN. (Brevet français 337855 du 19 décembre 1903). — Cet accumulateur est à électrodes en fer et à électrolyte alcalin. Une plaque est formée de feuillets juxtaposés en grillage très fin de fil de fer recuit, réunis par sertissage à une lame de fer à laquelle est rivée une lame de connexion. On immerge ces plaques pendant 2 heures dans une solution renfermant 100g d'acide sulfurique pour 100g d'eau. Sans les essuyer, on les soumet ensuite pendant 1 heure à l'action d'un courant d'air chaud, puis on les abandonne à elles-mêmes. Après deux jours, les plaques sont recouvertes d'une couche solide jaune. Les éléments sont composés d'un nombre pair de plaques, les unes positives, les autres négatives, séparées par des couches de toile d'amiante serrée. On introduit dans le bac de la potasse ou de la soude à 40 pour 100 et l'on charge, d'après le brevet, à 3 ampères (?) sous 3 volts pendant 1 heure. On décharge ensuite jusqu'à épuisement sur une résistance extérieure de 20 ohms. Après charge, on fait une deuxième décharge suivie d'une dernière charge de 3 heures. L'accumulateur est alors formé; les positives sont recouvertes d'une couche jaune foncé d'oxyde de fer; les négatives sont recouvertes d'une couche noire de fer réduit. La capacité de cet élément augmente avec les charges. L'électrolyte est recouvert d'une couche d'huile pour éviter sa carbonatation. D'après le brevet, cet accumulateur serait plus léger et moins cher que l'élément au plomb; sa résistance intérieure serait faible; sa force électromotrice, 1,5 volt et sa capacité pourrait atteindre 35 ampères-heure par kilogramme de métal. En outre, il conserverait bien sa charge.

Perfectionnements aux accumulateurs électriques, par HARRY RAMSBOTTOM et JASPER MYERS RICHARDSON. (Brevet français 337523 du 8 décembre 1903). — La description s'applique à un élément double semblable aux éléments en celluloïd employés pour l'inflammation. Les deux éléments reliés ont une chambre commune sur le côté. Un tube règne à la partie supérieure et communique aux deux éléments. Les gaz dégagés arrivent dans la chambre par ce tube qui est relié à un autre tube vertical débouchant au fond de cette chambre. Celle-ci est divisée en deux parties par une cloison percée d'un trou, la partie supérieure étant en communication avec l'extérieur par un tube qui arrive vers le milieu. En outre, un orifice muni d'un bouchon permet de vider de temps en temps la petite quantité de liquide qui a pu passer dans la chambre. Ce dispositif permet de renverser les éléments sans qu'il tombe une goutte de liquide.

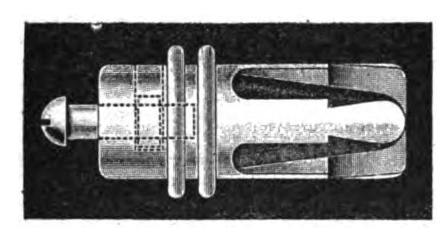
Au passage des tiges de connexions, un récipient renfermant une matière isolante, tout autour des conducteurs, assure l'étanchéité en ces points.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Isolateurs H. Rentzsch.

La figure 1 représente une cheville en porcelaine qu'on scelle au plâtre dans les murs; elle sert de

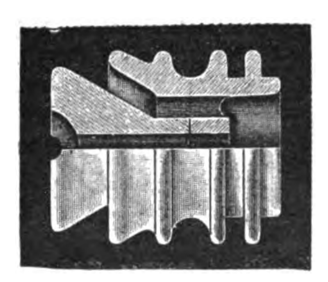
Fig. 1.



support aux interrupteurs, coupe-circuit, fusibles et en même temps elle les isole de la terre. A cet effet, la partie extérieure est percée suivant l'axe jusqu'à une certaine profondeur; par cette ouverture pénètre la vis serre-fil qui s'engage dans un écrou introduit par une échancrure latérale; les deux collerettes visibles sur la figure 1 servent d'égouttoirs et augmentent la résistance d'isolement.

L'isolateur de la figure 2 convient surtout aux

Fig. 2.



locaux humides; il consiste en deux rouleaux de porcelaine concentriques. Le rouleau extérieur est muni de gorges pour les fils et de collerettes pour l'égouttement des eaux. La partie intérieure émerge en s'évasant et est perforée de part en part suivant l'axe d'un canal dans lequel pénètre la vis de fixation. Les deux parties sont construites de telle sorte que l'humidité suintant des murs ne peut jamais atteindre les fils, quelle que soit d'ailleurs la position qu'on donne à l'isolateur. B. K.

Sur la construction des résistances doubles de la Société Ruhstrat de Gœttingue. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 93, 5 février 1904). — Les résistances dont il s'agit sont employées à l'Institut électrochimique de Gœttingue. Elles comportent deux enroulements spéciaux sur chacun desquels se meut un contact glissant. Ces deux enroulements sont en fil de constantan; mais ils ont des résistances différentes, l'un de 20 à 30 ohms et l'autre, de 500 à 1200 ohms.

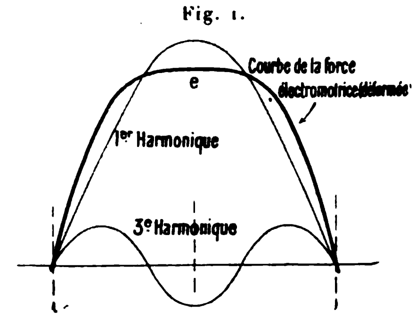
APPLICATIONS MÉCANIQUES.

La déformation des champs magnétiques alternatifs et tournants dans les moteurs, par R. GOLDSCHMIDT. (*Electrical Review*, Londres, t. LIV, p. 571-572 et 611-612, 8 et 15 avril 1904).

On a l'habitude de considérer les moteurs d'induction tournant à vide comme produisant des effets identiques à ceux des transformateurs fonctionnant à vide et des bobines de self-induction : les uns et les autres agiraient comme des résistances inductives. Cependant, par rapport aux déformations des courbes représentatives des phénomènes périodiques, la réaction du flux *tournant* d'un moteur d'induction diffère beaucoup de celle du flux *alternatif* d'une bobine de self. Celle-ci aplanit toutes les déformations de la courbe de force électromotrice, autrement dit, elle est impénétrable aux harmoniques supérieurs, tandis qu'un moteur d'induction tournant à vide est presque aussi sensible qu'un condensateur à ces déformations.

Pour étudier dans les deux cas, sans calculs compliqués, les effets d'une force électromotrice déformée, on prendra les hypothèses les plus simples possibles. Considérons une force électromotrice dont l'onde fondamentale, de la fréquence de 50 périodes par seconde, est accompagnée d'un seul harmonique supérieur, d'une fréquence triple ($f_1 = 50$ périodes par seconde, $f_3 = 150$). Supposons que la valeur efficace e_3 du troisième harmonique soit 15 pour 100 de la valeur efficace de l'onde fondamentale e_1. La figure 1 montre les deux sinusoïdes et la

Fig. 1.



courbe résultante. Soit i_1 le courant que fait naître la tension e_1 dans une bobine de self non saturée. Le courant total présentera un harmonique i_3 dont l'amplitude sera $\frac{e_3}{e_1} \times \frac{f_1}{f_3} = 0,15 \times \frac{1}{3} = 5$ pour 100 de i_1. Le courant résultant est donc presque parfaitement sinusoïdal. Il a pour valeur efficace

$$i = \sqrt{(i_1)^2 + (0,05\, i_1)^2} = \text{approximativement } i_1,$$

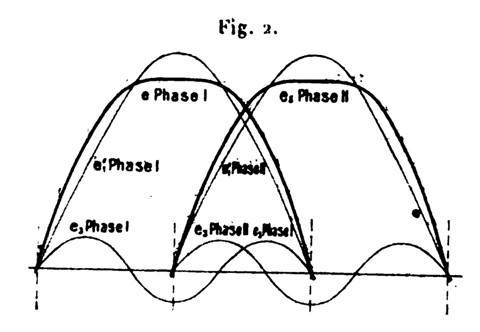
et la valeur efficace de la tension résultante est

$$e = \sqrt{e_1^2 + (0,15\, e_1)^2} = 1,01\, e_1.$$

L'intensité du courant passant dans une bobine de self-induction ne dépend donc que très peu de la forme de la tension appliquée.

Considérons maintenant une seconde force électromotrice de même forme et de même amplitude que la première, mais décalée d'un quart de période sur elle, et supposons que ces deux forces électromotrices soient appliquées à un moteur d'induction diphasé tournant à vide. Deux champs tournants s'établiront dans le moteur, l'un N_1 produit par la tension diphasée e_1, l'autre N_3 produit par la tension diphasée e_3. Comme on le voit sur la figure 2, la dis-

Fig. 2.



position relative des phases est différente pour e_1 et pour e_3 : pour e_1, la phase II suit la phase I, c'est l'inverse pour e_3. Les deux flux ont donc des sens de rotation opposés. Dans le cas d'un moteur à six pôles, le flux N_1 tournerait dans le sens positif à la vitesse de 1000 tours par minute, tandis que N_3 ferait 3000 tours par minute dans le sens négatif. Comme le flux positif N_1 est beaucoup plus intense que N_3, le rotor sans charge tournera dans le sens positif à la vitesse de 1000 tours environ; son glissement par rapport à N_3 sera donc de 133 pour 100. Or, dans un moteur d'induction bien établi, le courant que fait naître une tension donnée à un glissement très élevé est environ vingt fois plus intense que le courant correspondant à un glissement nul (le coefficient de fuite étant pris égal à 0,05). Donc, si l'on appelle i_1 le courant dû à la tension e_1, le courant dû à e_3 sera

$$i_3 = i_1 \times 20 \times \frac{e_3}{e_1} \times \frac{f_1}{f_3} = i_1 \times 20 \times 0,15 \times \frac{1}{3} = i_1;$$

c'est-à-dire que le courant à vide est affecté d'un harmonique de fréquence triple et de même amplitude que l'onde fondamentale. La valeur efficace de ce courant à vide est

$$i = \sqrt{i_1^2 + i_1^2} = 1,42 i_1.$$

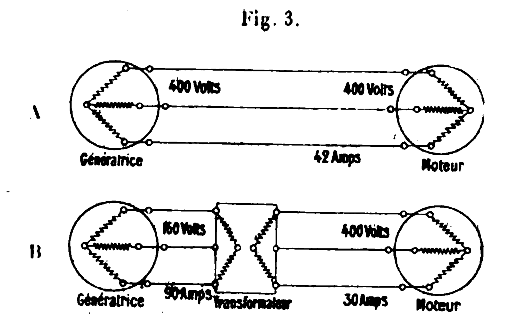
Le courant à vide du moteur est donc supérieur de plus de 40 pour 100 à ce qu'il serait si la courbe de tension était sinusoïdale ([1]). Quand le moteur est chargé, les déformations de la courbe de tension se font sentir par une plus grande consommation de courant et un abaissement du facteur de puissance.

Quoique le courant à vide d'un moteur d'induction soit extrêmement sensible aux déformations de la tension génératrice, il est à peine affecté par les déformations de son propre flux, dues à la saturation du fer. Ici encore les moteurs d'induction tournant à vide diffèrent complètement des transformateurs et des bobines de self. Dans ces derniers appareils, une onde sinusoïdale de tension donne lieu à une onde de courant fortement déformée et une onde sinusoïdale de courant implique une onde de force contre-électromotrice déformée. Une bobine de self saturée n'offre pas de résistance définie au passage d'un courant alternatif. En outre, sa réactance ne dépend pas seulement de la densité du flux dans le fer de la bobine, mais aussi de la self-induction du reste du circuit, plus même que de la self-induction de la bobine elle-même.

Supposons que l'alternateur A (*fig.* 4) donne une onde de force électromotrice parfaitement sinusoïdale servant à exciter la bobine de self D en série avec une résistance inductive R. On prendra diverses valeurs pour cette dernière, et l'on déterminera la caractéristique du courant, c'est-à-dire la valeur efficace de la tension aux bornes e_D en fonction de la valeur efficace du courant, en basant le

([1]) L'expérience suivante peut servir d'exemple. On a essayé à vide un moteur triphasé de 70 chevaux (1000 tours par minute, 50 périodes, 400 volts) en employant d'abord un petit alternateur construit pour donner 50 ampères à 350 volts, et qu'on surexcitait pour obtenir 400 volts. L'essai indiqua un courant à vide de 42 ampères (*fig.* 3A). On recommença en employant un transformateur élevant la tension dans le rapport de 1 à 3, de façon à faire fonctionner l'alternateur à intensité plus grande et tension plus faible (*fig.* 3B). Il se produisait dans ces conditions une forte chute de tension dans l'alternateur et dans le transformateur. Avec la même tension (400 volts) aux bornes du moteur, le courant à vide n'atteignait alors que 30 ampères. La cause principale de cette différence était la déformation de la courbe de force électromotrice, déformation qui produisait tout son effet dans le premier essai, tandis que dans le second la forte réactance du circuit empêchait la production de courants de fréquence élevée.

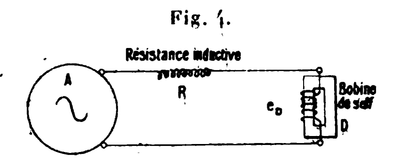
Fig. 3.



calcul sur la courbe du magnétisme (*fig.* 5), dans laquelle, pour plus de simplicité, on n'a pas tenu compte de l'hystérésis.

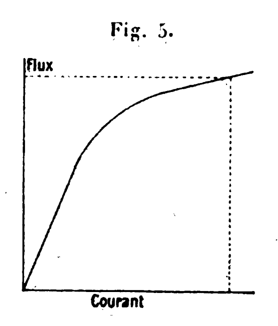
Tant que le point de fonctionnement de la bobine

Fig. 4.



se trouve sur la partie rectiligne de sa caractéristique magnétique, sa réactance a une valeur parfaitement définie (S), de sorte que, pour les diverses

Fig. 5.



valeurs de R, les caractéristiques de courant se confondront dans leurs portions rectilignes. Ces courbes correspondent à quatre valeurs de R :

(A) $R = 0$,

(B) $R = 0,3\,S$,

(C) $R = S$,

(D) R très grand, de sorte que la réactance de la bobine de self est négligeable en comparaison et que l'onde sinusoïdale de force électromotrice de l'alternateur produit une onde sinusoïdale de courant.

On calcule les courbes R (A, B, C, D) d'après la courbe de magnétisme de la figure 5, par la formule

$$\begin{array}{c}\text{Valeur instantanée}\\ \text{de la force électromotrice}\end{array} = \begin{array}{c}\text{Variation du flux}\\ \text{dans l'unité de temps.}\end{array}$$

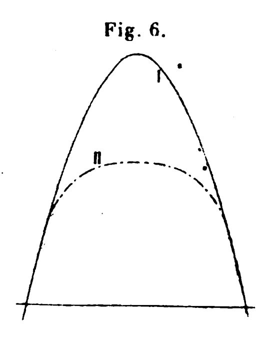
On néglige la résistance ohmique du circuit.

Les deux cas limites : (A), tension sinusoïdale aux bornes de la bobine, et (D), courant sinusoïdal, sont particulièrement intéressants. Les courbes correspondantes montrent que, pour une tension efficace de 100 volts aux bornes de la bobine, le courant est de 100 ampères dans le cas A et de 20 ampères dans le cas D. Autrement dit, quand le circuit renferme, outre la bobine de self saturée, une forte réactance R, l'intensité dans la bobine, pour une même tension aux bornes, est cinq fois moindre que dans le cas où $R = 0$ [1].

Dans le cas des moteurs d'induction marchant à vide, on peut encore représenter en fonction du temps la tension aux bornes et le courant, mais non le champ lui-même, dont la grandeur ne dépend pas du temps. Il n'est fonction que de l'espace, et c'est sa courbe de variation, tracée en portant les espaces en abscisses, qui sera déformée par la saturation. La répartition et l'intensité du champ d'un moteur d'induction dépendent jusqu'à un certain point du nombre des phases et des encoches, mais on prendra l'hypothèse d'un moteur où, tant qu'il n'y a pas saturation, le champ est parfaitement constant, sinusoïdalement réparti et présente autant de pôles que l'enroulement lui-même. On sait que ce cas idéal est à fort peu près réalisé par les moteurs à encoches nombreuses. Il faut, toutefois, excepter les moteurs monophasés, dont le champ est elliptique, c'est-à-dire que son mouvement de rotation se complique de variations d'amplitude.

La répartition d'un champ sinusoïdal dans un moteur non saturé peut se représenter par la courbe I (*fig.* 6). Si, la force magnétomotrice res-

Fig. 6.



tant la même, il y a saturation dans les dents, l'effet ne s'en montrera qu'aux points d'induction maxima : là, il y aura diminution de la densité du flux et la courbe prendra la forme II (*fig.* 6).

Un tel flux peut comprendre des flux de fréquence supérieure, c'est-à-dire formant un plus grand nombre de pôles. Mais l'hypothèse faite, à savoir qu'un enroulement à six pôles, dans un moteur non saturé, donne lieu à un champ à six pôles exactement sinusoïdal, revient à énoncer cette condition qu'il n'y a qu'un champ sinusoïdal à six pôles qui puisse induire une force électromotrice dans cet enroulement.

[1] Il s'ensuit qu'en faisant des mesures de courant déwatté ou de pertes par hystérésis, il faut employer une génératrice aussi puissante que possible, sinon la réactance amènera des erreurs dans la mesure des courants et dans celle des pertes. Il faut aussi se bien garder de régler la tension au moyen de résistances inductives.

Si, par exemple, on admettait qu'un champ à $3 \times 6 = 18$ pôles puisse agir par induction sur l'enroulement, il faudrait nécessairement admettre que cet enroulement induit un champ à 18 pôles, ce qui serait contraire à l'hypothèse [1]. Ainsi la déformation du champ n'a pas d'influence sur la force contre-électromotrice, de sorte que le flux représenté par la courbe aplatie II induit une force contre-électromotrice sinusoïdale. La tension aux bornes étant sinusoïdale, le courant le sera aussi. Ainsi, dans les moteurs d'induction à encoches nombreuses et à circuit magnétique saturé, les courbes du courant et de la force contre-électromotrice restent sinusoïdales malgré la déformation du champ par la saturation. P. L.

Application de la force mécanique aux travaux de renouvellement des voies, par REGNOUL. (*Revue des chemins de fer et tramways*, p. 321-333, mai 1904). — Description d'une installation portative Collet composée d'un groupe électrogène à vapeur de 25 chevaux monté sur chariot, d'une ligne volante à trôlet et de deux outils actionnés électriquement, montés également sur petits chariots: l'un servant à visser et dévisser les tirefonds de fixation des rails sur les traverses, l'autre servant au bourrage du ballast sous les traverses. Le travail produit par ces outils mécaniques coûte un peu moins cher, amortissement de l'installation compris, que le travail correspondant fait à la main, et a l'avantage d'être effectué bien plus rapidement.

ÉCLAIRAGE.

Sur les lampes à vapeur de mercure et sur une nouvelle lampe à allumage automatique, par H. PAWECK. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 297, 29 avril 1904).

Dans cette étude l'auteur indique l'état actuel de la question de la lampe à vapeur de mercure après en avoir fait l'historique. Nous la résumerons ici.

En 1860, Way [2] a montré qu'on pouvait remplacer dans la lampe à arc de Davy les charbons par des électrodes en mercure. D'un réservoir supérieur en forme d'entonnoir, Way laissait s'écouler un jet très fin de mercure qui tombait dans un vase et était entouré d'un cylindre en verre. Ce jet de mercure ($2^{cm},5$ à 6^{cm} de longueur) étant introduit dans le circuit d'une batterie de piles Bunsen, il se produisait un arc à la place du jet, par suite de l'échauffement et de la formation de vapeur; cet arc fonctionnait à la pression atmosphérique.

En 1879, Rapieff [3] reprit l'idée de la construction d'une lampe à vapeur de mercure et fit des communications sur des lampes fonctionnant à l'air ou dans le vide.

C'est L. Arons [1] qui, le premier, étudia les phénomènes dont la lampe à vapeur de mercure est le siège. Dans son premier travail (1892), Arons décrit un modèle de lampe constituée par un tube de verre en forme d'U renversé dont les deux branches ont 2^{cm} de diamètre et 6^{cm} de longueur. Ces deux branches sont fermées à leur partie inférieure et munies d'un fil de platine scellé; elles sont remplies de mercure jusqu'à un niveau voisin de la courbure du tube. A cet endroit, une sorte de tube manométrique permet de faire le vide désiré ou d'introduire un gaz déterminé. Les fils étant reliés à la source de courant, pour faire éclater l'arc, on penche ou l'on secoue le tube, ce qui produit un court-circuit momentané. Une résistance réglable étant introduite dans le circuit, Arons a obtenu les résultats suivants en maintenant constante la longueur de l'arc :

ampères	11	9	7	5,5	3	2	1,4	0,8	0,5
volts	17,5	17	16,5	16	15,3	14	20	28	40

En poussant plus loin, il constatait la discontinuité de l'arc.

Dans son travail de 1896, ce même auteur donne d'autres renseignements importants. C'est ainsi qu'avec un appareil approprié, dans lequel il pouvait faire varier à volonté la distance des électrodes de mercure, il a obtenu les résultats suivants en maintenant constante à 6,5-6,6 ampères l'intensité du courant :

Longueur de l'arc, en centimètres.	Différence de potentiel entre les électrodes, en volts.	Différence de tension, en volts.
10	21,3	13,3
30	34,6	13,6
50	48,2	13,4
70	61,6	

On en conclut qu'à un allongement de l'arc égal à 20^{cm} correspond une augmentation de tension de 13,43 volts en moyenne, de sorte que, pour un diamètre de tube de $1^{cm},5$, 1^{cm} d'arc correspond à 0,67 volt. Entre 5 et 9 ampères, la tension a été trouvée indépendante de l'intensité du courant.

Arons insiste sur ce point qu'on ne peut pas parler de résistance ohmique propre pour l'arc de mercure. En ce qui concerne la température de la vapeur de mercure conduisant le courant, elle est très élevée dans l'axe du tube, mais plus faible vers la paroi interne du verre; à l'anode, la température est plus

(1) *Voir* l'étude complète publiée par l'auteur sur ce sujet dans *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1901, n° 16.

(2) *Dingl. polyt. Journ.*, t. CLVII, p. 399 et t. CLIX, p. 46.

(3) Brevet anglais, n° 211 de 1879.

(1) *Wied. Ann. d. Physik. u. Chemie.* t. XLVII, p. 767 (1892) et t. LVIII, p. 73 (1896).

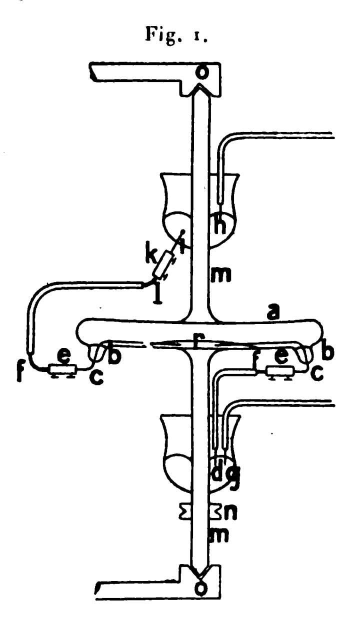
élevée qu'à la cathode. Aussi Arons parle-t-il déjà de l'emploi des électrodes positives en acier.

Tirant parti de ses recherches théoriques, Arons réussit à établir une lampe utilisable pour les expériences physiques et optiques. Mais le problème de l'application à l'éclairage n'avait pas encore reçu de solution.

A l'instigation de C. Kellner, l'auteur a entrepris, en 1899-1900, la construction de la première lampe à allumage automatique. Le mécanisme de cette lampe repose sur l'emploi de la force centrifuge.

Le corps de la lampe représentée en figure 1 consiste en un tube *a* en verre difficilement fusible, ce tube est légèrement incurvé et est fermé à ses extrémités. Vers celles-ci, deux petits renflements *b* forment deux godets munis chacun d'un conducteur en

Fig. 1.



platine *c* qui s'étend le long de la paroi interne du tube jusque vers le milieu de celui-ci. Ce tube peut tourner autour d'un axe constitué par deux baguettes de verre *m* verticales et soudées dans le milieu du tube. Les deux extrémités libres de cet axe sont taillées en pointes et tournent dans les paliers en verre *o*. Deux godets en verre, remplis de mercure, sont fixés à l'axe, l'un à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure; ils servent à amener le courant au tube de verre pendant sa rotation. Le godet supérieur est relié au fil de platine *c* par le fil de platine *i*, la borne *k*, le fil de cuivre *lf* isolé et la borne *e*. Un dispositif semblable relie le godet inférieur à l'autre fil de platine *c*. Les conducteurs *h* et *g* sont reliés aux deux pôles de la source de courant. Sur la partie inférieure de l'axe, un anneau de verre soudé et muni d'une gorge *n* permet la rotation du système au moyen d'un petit électromoteur et d'une corde.

On commence par faire le vide le plus parfait dans le tube *a* en le mettant en communication par une ouverture spécialement ménagée avec une trompe à mercure. En même temps, le mercure chimiquement pur introduit préalablement est échauffé fortement. Quand le vide est terminé on scelle l'orifice.

Pour mettre la lampe en fonctionnement, on commence par envoyer le courant en disposant dans le circuit une petite résistance additionnelle. Au moment où le courant est établi par le mercure rassemblé en *p*, on fait tourner le petit électromoteur. Par suite de la force centrifuge, le mercure est projeté dans les godets *b*, le circuit métallique est interrompu et l'arc s'allume. Par suite de la rotation du tube, celui-ci donne l'impression d'un disque horizontal lumineux. Le tube de la lampe ayant 15^{cm} de long et $1^{cm},5$ de diamètre, la tension aux bornes de la lampe atteint environ 20 volts pour une intensité de 3 ampères.

La lumière intense émise ainsi fatigue peu la vue, mais a l'inconvénient de ne pas posséder de radiations rouges ([1]).

Depuis, d'autres lampes pratiques ont été construites. D'après une conférence de A. Libesnys ([2]), C. Kellner a eu l'idée de remplacer le mercure pur par un amalgame (de potassium ou de sodium par exemple) non seulement pour ajouter les radiations manquantes (l'amalgame de potassium donne une coloration rouge), mais encore pour réaliser un nouveau système d'auto-allumage. L'amalgame, en effet, adhère plus ou moins aux parois internes du tube et il se produit ainsi une pellicule qui forme pont entre les deux électrodes et provoque le passage du courant suivi de l'échauffement et du dégagement de vapeur. Cette pellicule disparaît après l'allumage pour reparaître après l'extinction.

Une autre lampe Kellner repose sur l'emploi d'un plongeur. Lors de la fermeture du circuit, le courant passe dans un solénoïde qui agit sur un noyau de fer. Ce noyau, qui, en temps ordinaire, flotte sur l'une des électrodes de mercure, s'enfonce dans celui-ci sous l'action du solénoïde. Une partie du mercure se déplace alors et vient en contact avec l'autre électrode. A cet instant, le courant dans le solénoïde devient nul et le plongeur reprend sa position initiale pendant que le mercure déplacé revient également en allumant l'arc d'une électrode à l'autre.

([1]) D'après Arons et Kellner on peut obtenir la teinte appropriée par l'emploi de certains amalgames.

([2]) *Zeitschr. f. Elektrotechnik*, t. XXI, p. 421; *Elektrotechnische Zeitschr.*, 1902, p. 492.

On retrouve encore l'emploi du plongeur dans la lampe de la *General Electric Company* (brevet allemand 136619).

P. Cooper Hewitt (¹) a rendu compte, pour la première fois, de ses études en avril 1901 à une assemblée de l'American Institute of Electrical Engineers. Il a indiqué notamment que, entre certaines limites, la tension aux bornes de la lampe est directement proportionnelle à la longueur et inversement proportionnelle au diamètre (non à la section); cette tension ne varie d'ailleurs pas sensiblement avec l'intensité du courant lorsqu'on reste dans les limites d'un bon rendement. Cooper a aussi montré la relation entre la densité de la vapeur de mercure et sa conductibilité, entre sa température et la chaleur rayonnée par la lampe.

D'après Hewitt, la résistance de la lampe dépend de la longueur et du diamètre de la colonne gazeuse, de la grandeur de la chambre de refroidissement disposée en vue du réglage de la densité de vapeur et de la température, de la température extérieure et de la résistance des électrodes.

On trouvera des détails sur ces travaux de Hewitt dans un article du Dr Max v. Recklinghausen (²). Voici d'ailleurs quelques chiffres donnés au sujet de l'influence des dimensions de la colonne gazeuse sur la tension de la lampe.

	I.	II.	III.
Longueur en centimètres...	135	67,5	135
Diamètre en millimètres.....	19,2	19,2	38,5
Tension en volts............	90	46	46

On remarque que, pour les lampes I et II de même diamètre, la tension correspond respectivement à 0,67 et 0,68 volt par centimètre, soit exactement la même valeur que celle, 0,67 volt, donnée par Arons (pour un diamètre un peu plus petit, 15mm).

L'utilisation du fer à l'électrode positive, adoptée par Hewitt, a été préconisée antérieurement par Arons, ainsi qu'il a été mentionné plus haut. En ce qui concerne le dispositif d'allumage à haute tension, Arons (³) a fait remarquer que ce dispositif d'allumage de lampe à arc est très ancien et a été employé en 1840 par Herschel.

La découverte importante de Hewitt réside dans l'utilisation de sa lampe comme transformateur de courant alternatif en courant continu (⁴), en faisant usage d'une électrode-fer et d'une électrode-mercure, et dans son emploi en télégraphie ondulatoire (¹).

Max Bodenstein a décrit (²) une lampe présentée par le Dr Küch et qui présente la particularité d'être faite en verre de quartz. Une des branches de cette lampe en forme d'H est en communication avec un petit tube rempli de mercure et qui peut être chauffé extérieurement par une spirale de platine-iridium traversée par le courant. La vapeur de mercure ainsi produite exerce une pression qui fait monter le mercure de la branche correspondante jusqu'à la tubulure transversale légèrement inclinée; le mercure retombe alors dans l'autre branche. Dès que le court-circuit est établi, le courant est interrompu dans la spirale et la vapeur se refroidissant, le mercure se condense dans le petit tube; par suite le mercure revient à sa position initiale et l'arc s'allume.

L'auteur termine en faisant remarquer que sa lampe à rotation est la première à allumage automatique. Il croit que les nouveaux dispositifs préconisés depuis pourront permettre certaines applications de la lampe à vapeur de mercure à l'éclairage.

L. JUMAU.

(¹) La lampe Hewitt a été présentée publiquement pour la première fois le 9 janvier 1903 à la *British Westinghouse Company* à Londres.

(²) *Écl. élect.*, t. XXXIII, p. 312, 29 novembre 1902.

(³) *Elektrotechnische Zeitschrift.*, 1902, p. 950.

(⁴) *Zeitschrift f. Elektrotechnik*, 1903, p. 95.

(¹) *Écl. élect.*, t. XXXVI, p. 264, 15 août 1903.

(²) *La Revue électrique*, t. I, p. 214, 15 avril 1904.

Relation entre l'éclat d'une source lumineuse et sa température, par M. H. EISLER. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 188-191, 10 mars 1904).

D'après Lummer et Kurlbaum, les éclats intrinsèques H_1 et H_2 du platine incandescent à deux températures absolues T_1 et T_2 sont liés par la relation

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^x,$$

l'exposant x ne s'appliquant qu'à un intervalle $T_1 T_2$ assez restreint. La variation de x avec la température peut se représenter par une courbe continue. Voici les valeurs principales de x :

$T_{abs.}$	x.
900°	30
1000	25
1100	21
1200	19
1400	18
1600	15
1900	14

Les mêmes auteurs font remarquer que la relation entre l'éclat intrinsèque et la température peut être calculée par une méthode indirecte d'après les coefficients de sensibilité de l'œil pour les différentes

régions du spectre donnés par Langley [1] et les nombres qui traduisent la répartition de l'énergie dans le spectre d'un corps incandescent [2].

---

[1] *La Lumière électrique*, t. XXXI, 19 janvier 1889, p. 144.

[2] Le Tableau suivant emprunté à Langley donne la valeur de l'éclat physiologique pour diverses longueurs d'onde, en supposant que la quantité totale d'énergie soit la même et en prenant arbitrairement pour unité l'éclat correspondant au rouge ($\lambda = 0^\mu,75$) :

Longueur d'onde.........	$0^\mu,40$	$0^\mu,47$	$0^\mu,53$	$0^\mu,58$
Éclat pour la même quantité d'énergie...........	1600	62000	100000	28000
Longueur d'onde.........	$0^\mu,60$	$0^\mu,65$	$0^\mu,75$	
Éclat pour la même quantité d'énergie...........	14000	1200	1	

Les coefficients A_λ relatifs aux longueurs d'onde intermédiaires se calculeront par interpolation.

L'éclat correspondant à une radiation homogène, dont la longueur d'onde est λ et l'énergie totale E_λ, sera

$$H_\lambda = A_\lambda E_\lambda.$$

Lorsque plusieurs radiations agissent simultanément sur l'œil, on ignore la loi suivant laquelle l'action physiologique totale dépend des actions individuelles des diverses radiations. L'hypothèse la plus simple consiste à admettre qu'il y a addition de ces actions partielles; alors

$$H_{\lambda_1}^{\lambda_n} = A_{\lambda_1} E_{\lambda_1} + A_{\lambda_2} E_{\lambda_2} + \ldots + A_{\lambda_n} E_{\lambda_n}.$$

Dans la plupart des procédés d'éclairage, on a affaire à un spectre continu : il doit y avoir une relation entre l'énergie de la radiation, la longueur d'onde et la température. Mais cette relation est peu connue pour les corps accessibles aux observations immédiates et ne permet pas de calculer l'énergie d'un rayonnement en fonction de la température et de la longueur d'onde. Pour le corps noir cependant, l'équation de Planck, déduite d'hypothèses très plausibles, paraît vérifiée par toutes les observations actuelles :

$$E_{\lambda,T} = \frac{c_1}{\lambda_5\left(e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} - 1\right)}.$$

Dans les limites où le produit λ (micron) T ne dépasse pas 3000, on remplace cette équation par la suivante due à Lummer et Pringsheim et dont le calcul est plus commode,

$$E_{\lambda,T} = c_1 \frac{e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}}{\lambda^5},$$

avec

$$c_1 = 1,24.10^{-5}\ \text{C.G.S.},$$
$$c_2 = 1,45.$$

A une température T déterminée, l'énergie E_λ d'une radiation sera donc représentée en fonction de la longueur d'onde par l'équation

$$E_\lambda = c_1 \frac{e^{-\frac{c_3}{\lambda}}}{\lambda^5},$$

en posant la nouvelle constante

$$c_3 = \frac{c_2}{T}.$$

Il résulte de là que l'éclat physiologique d'un corps noir à la température T_1 sera

$$H_1 = c_1 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} A_\lambda \frac{e^{-\frac{c_3}{\lambda}}}{\lambda^5}\, d\lambda,$$

λ_1 et λ_2 étant les limites du spectre visible. Ces limites sont $\lambda_1 = 0^\mu,38$ et $\lambda_2 = 0^\mu,78$. Mais, étant donnée la faible action physiologique des parties extrêmes, il n'y a pas d'inconvénient à prendre pour les limites d'intégration $\lambda_1 = 0^\mu,40$ et $\lambda_2 = 0^\mu,75$, longueurs d'onde extrêmes qui figurent dans la Table de Langley.

L'intégration se fera plus aisément par la méthode graphique. Les résultats seront les suivants :

Température....	800°	1000°	1500°	2000°
Éclat lumineux.	$2,3.10^{-6}$	$2,3.10^{-9}$	$7,6.10^{-12}$	$4,8.10^{-14}$
Température....	2500°	3000°	4000°	6000°
Éclat lumineux.	$6,4.10^{-15}$	$3,8.10^{-16}$	$3,6.10^{-17}$	$3,5.10^{-18}$

Ces éclats, exprimés en unités arbitraires de Langley, sont rapportés à un rayonnement total de 1 erg par centimètre carré de la surface rayonnante.

L'application de cette méthode indirecte au cas d'un *corps noir* conduit au Tableau reproduit à la fin de la note [1]. Ce Tableau montre que l'éclat intrinsèque croît très rapidement avec la température, ce que confirment toutes les observations, en particulier les mesures très soignées de Lummer et Kurlbaum sur le rayonnement du platine.

Les propriétés du platine diffèrent notablement de celles d'un corps noir. Cependant, si l'on calcule les valeurs de l'exposant x dans la formule

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^x,$$

d'après les nombres du Tableau et qu'on compare ces valeurs à celles qu'ont données Lummer et Kurlbaum, on trouve un accord remarquable. C'est ce que montre la figure 1, où les valeurs de Lummer-Kurlbaum sont marquées par de petits cercles.

Il est donc très vraisemblable que :

1° L'effet physiologique d'une lumière complexe est égal à la somme des effets individuels de chacune des longueurs d'onde composant cette lumière.

2° Le rayonnement visible du platine et celui du corps noir dépendent de la température au même degré : abstraction faite d'un facteur constant, la relation entre l'éclat intrinsèque et la température est la même [1].

Dans l'état actuel des observations, il est difficile de dire jusqu'à quel point la deuxième proposition s'applique aux sources lumineuses usuelles.

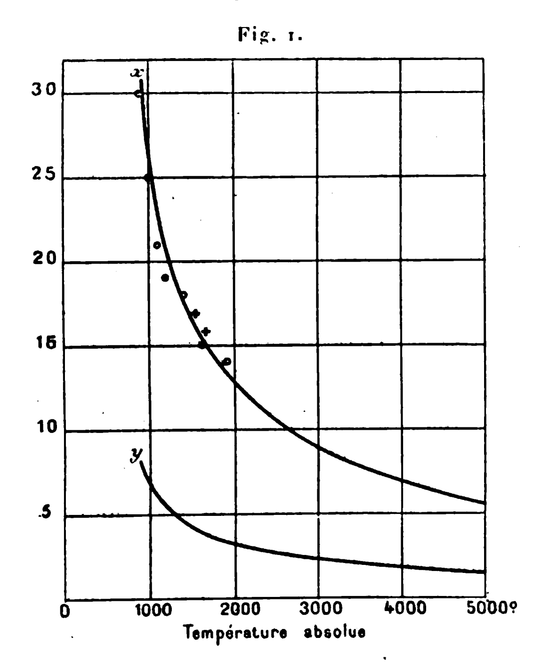
Il est probable que la courbe x de la figure 1 représente au moins dans une première approximation

---

[1] Dans des expériences récentes, Lummer et Pringsheim ont mesuré directement l'éclat du corps noir en fonction de la température : les valeurs de x correspondantes sont marquées sur la figure 1 par de petites croix.

la variation de l'éclat de ces sources avec la température. Du moins, on peut tirer un argument en faveur de cette hypothèse en se servant de la loi de Stefan-Boltzmann. D'après cette loi, le rayonnement

Fig. 1.



total du corps noir varie comme la quatrième puissance de la température absolue; par conséquent, en appelant R_1 et R_2 l'énergie du rayonnement total aux températures T_1 et T_2, on devrait avoir

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^x = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{\frac{x}{4}} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^y.$$

Or, dans la lampe à incandescence dont l'ampoule est vide, la presque totalité de l'énergie fournie au filament est transformée en énergie radiante.

Connaissant la température du filament et admettant qu'il se comporte comme un corps noir ou gris (¹), on peut déterminer d'après la courbe $y = \frac{x}{4}$ de la figure 1, suivant quelle puissance son éclat intrinsèque croît avec l'énergie fournie.

La température du filament en fonctionnement normal (3,5 watts par bougie) est d'environ 2000°, ce qui donnerait $y = 3,2$. Cette valeur coïncide presque exactement avec celle que donnent les mesures directes (de 2 à 4 watts par bougie, on trouve que l'éclat varie à peu près comme le cube de la puissance dépensée). La valeur calculée d'après la courbe doit être plus grande, parce que le filament n'est, en réalité, ni un corps noir, ni même un corps gris; il est à supposer que son rayonnement total croît suivant une puissance de la température un peu supérieure à la quatrième.

Guillaume, en extrapolant la formule de Lummer, trouve que x tendrait asymptotiquement vers la valeur 12. Cette extrapolation ne paraît guère justifiée. Il est bien plus probable que x tend vers 0, quand la température augmente indéfiniment parce qu'une fraction de plus en plus grande de l'énergie passe dans l'ultra-violet, en rayons invisibles.

Ce qu'on appelle le *rendement pratique* d'une source lumineuse est déterminé en premier lieu par le rapport de l'éclat intrinsèque à la puissance totale dépensée. Cette définition, suffisante tant qu'on ne fait que comparer entre elles les sources existantes, ne peut être conservée, si l'on veut les comparer à celle qui réaliserait le plus grand rendement possible (en pratique). Elle ne tient nul compte, en effet, de la transformation, intégrale ou non, de l'énergie fournie, en radiations, ni de la composition spectrale de la lumière émise et, pour ces deux raisons, elle pourrait conduire à des conséquences tout à fait inexactes.

Ainsi la relation entre l'effet physiologique du rayonnement du corps noir et la température, d'après les nombres de Langley, serait représentée par la courbe de la figure 2, dont l'équation est

$$A_T = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} A\lambda \frac{e^{-\frac{c_2}{\lambda}}}{\lambda^5} d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{e^{-\frac{c_2}{\lambda}}}{\lambda^4} d\lambda}.$$

La grandeur A_T donne une mesure du rendement lumineux du corps noir, autant que l'on fait abstraction des radiations invisibles. La courbe permet de se rendre compte qu'il est impossible de déduire du rendement lumineux d'une source lumineuse déterminée le rendement maximum réalisable.

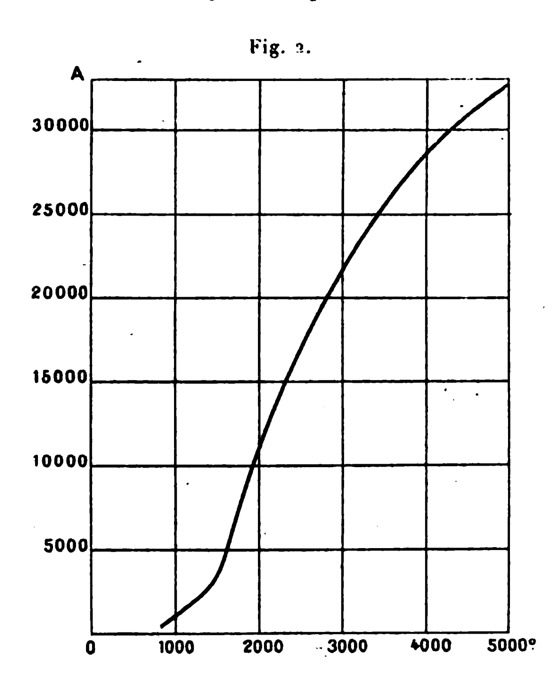
Ainsi, d'après Tumlirz, l'unité Hefner correspond à une émission lumineuse de $1,9 \cdot 10^{-6}$ ergs par seconde; la température de la lampe Hefner est de 1800° environ, celle du cratère d'une lampe à arc est quelque 4000°. Si l'on ne tenait pas compte de la composition spectrale, on conclurait qu'il est impossible d'obtenir plus de 5,2 unités Hefner par watt; tandis qu'une lumière de même composition spectrale que celle du corps noir à 4000°, correspond à 18,7 hefners par watt (en supposant la totalité de l'énergie transformée en lumière).

De plus, au point de vue du rendement pratique,

(¹) Corps gris : corps dont le rayonnement suit dans un intervalle quelconque de température et dans une région quelconque du spectre la loi du corps noir, mais est plus petit, dans un rapport constant, que celui du corps noir.

il existe un avantage évident à ce que la plus grande partie, sinon la totalité, de l'énergie se transforme dans les radiations pour lesquelles l'œil est le plus

Fig. 2.



sensible ($\lambda = 0^{\mu},53$ d'après Langley). Le coefficient de sensibilité deviendrait 100 000 contre 8000 pour la lumière Hefner. On arriverait ainsi à un rendement maximum de 65 hefners par watt.

Seulement la lumière doit posséder une teinte agréable à l'œil et donnant les mêmes contrastes de couleur que la lumière du jour. Or la condition du rendement maximum est incompatible avec celles-là, la lumière est teintée en jaune vert. Il faut donc nous contenter du maximum de rendement obtenu avec une lumière dont la composition spectrale se rapproche de celle du soleil. En admettant que ce spectre ne diffère pas sensiblement de celui du corps noir, on voit, d'après la courbe de la figure 2, que ce maximum serait atteint à 6000°, sa valeur serait 40000. On obtiendrait ainsi 27 hefners par watt.

Il ne paraît pas que ce chiffre puisse être atteint avec les corps incandescents, où une notable fraction de l'énergie est transformée en radiations invisibles ou en autres formes d'énergie perdues. Les chances les plus sérieuses paraissent réservées à l'utilisation des phénomènes de luminescence. M. L.

DIVERS.

Tensions dans un champ magnétostatique, par G.-H. Walker. (*Phil. Mag.*, t. VII, p. 399-402, avril 1904). — La théorie de ces tensions est analogue à celle qu'a donnée Maxwell des tensions dans le champ électrostatique. — D'après G.-T. Walker, les expressions de ces tensions diffèrent par un terme $\frac{1}{8\pi}\left(\frac{\mu}{\mu_0}-1\right)H^2$, correspondant à une pression hydrostatique dans le champ magnétique et appuie cette manière de voir sur la discussion d'une expérience de Quincke (influence du champ magnétique sur la tension superficielle des liquides magnétiques).

L'auteur de la présente Note montre que ce terme complémentaire peut être attribué tout aussi bien à des tensions électrostatiques à la surface de séparation du liquide et du verre. M. L.

Capacité diélectrique des atomes, par H. Sutherland. (*Phil. Mag.*, t. VII, p. 402-405, avril 1904). — L'auteur a démontré précédemment qu'en désignant par a_1 le rayon de l'atome d'une substance, par K_1 sa capacité diélectrique, par K_0 la capacité diélectrique du dissolvant, par η sa viscosité, par v la valence et par e la charge d'un ion monovalent, on a

$$\lambda_0 = \frac{ve^2 K_0}{6\pi\eta a_1 K_1}.$$

Les valeurs de K_1 déduites de cette formule concordent avec celles qui résultent de la relation de Maxwell $K_1 = N_1^2$ pour dix métaux alcalins et alcalino-terreux, le zinc et le cadmium. — Mais la formule est inapplicable aux halogènes, à H et à OH, à Ag et à Pb. Chez les halogènes, K_1 varie en raison inverse de N_1^2. La capacité diélectrique de l'atome est proportionnelle à la valence et en raison inverse de la racine carrée du volume atomique. M. L.

Charges des ions, par J.-F. Townsend. (*Phil. Mag.*, t. VII, p. 276-281, mars 1904). — Les valeurs trouvées pour la charge d'un ion varient suivant les observateurs et le mode de formation de ces ions entre 3.10^{-10} et $6,8.10^{-10}$ un. élst. La valeur plus probable est 2.10^{-10} et 4.10^{-10}. M. L.

Découverte de Crémieu-Pender, par W. Sutherland. (*Phil. Mag.*, t. VII, p. 405-408, avril 1904). — Supposons l'unité de charge électrique dans une lame mince de diélectrique de capacité K entre deux lames conductrices aux potentiels E_1 et E_2. Le travail nécessaire pour faire passer la charge d'une lame à l'autre est, d'après les principes usuels, $\frac{E_1 - E_2}{KD}$, D étant la distance des deux lames; d'autre part, nous savons que ce travail doit être $E_1 - E_2$. La différence $\frac{E_1 - E_2}{1 - \frac{1}{K}}$ peut être attribuée au déplacement de l'éther. Ce déplacement $\frac{D}{1-\frac{1}{K}}$ est justement celui qu'exige la théorie de Fresnel pour l'éther entraîné par un corps transparent (en admettant que $K = n^2$). — Les expériences de Crémieu-Pender représentent un cas analogue. L'éther est entraîné par le diélectrique en mouvement, avec une vitesse $v : 1 - \frac{1}{K}$ et la vitesse de l'électricité par rapport à l'éther n'est plus que $\frac{v}{K}$. C'est peut-être à cette circonstance qu'est due la diminution des effets magnétiques de la convection quand on emploie les diélectriques solides. M. L.

BIBLIOGRAPHIE (1).

Ready Reference Tables, par Carl HERING, ancien président de l'American Institute of Electrical Engineers. 1 vol., format $18^{cm} \times 10^{cm}$, 196 pages. John Wiley and Sons, éditeurs, 43 et 45, East 19th street, New-York. Prix, cartonné, 12fr,50.

Jusqu'au jour, encore malheureusement bien éloigné, où toutes les nations auront adopté le même système de mesures, l'ingénieur et le savant se trouveront dans la nécessité d'effectuer souvent de pénibles et fastidieux calculs de conversion. M. Carl Hering, un des électriciens les plus en vue des États-Unis, s'est proposé de simplifier la tâche des calculateurs en publiant des Tables bien complètes donnant les valeurs en fonction les unes des autres des nombreuses unités actuellement en usage dans les divers pays; il a même poussé le scrupule jusqu'à donner les Tables de conversion relatives aux unités autrefois adoptées couramment et dont quelques-unes sont parfois encore utilisées.

Le Volume qui vient de paraître est consacré aux grandeurs géométriques, mécaniques, thermiques, électriques et optiques; il est joint quelques tables relatives aux monnaies. Par leur étendue et leur disposition typographique ces Tables diffèrent considérablement de celles que l'on est accoutumé à trouver dans les Annuaires et Manuels. D'ailleurs l'auteur ne s'est pas borné à compiler, à modifier et à compléter les Tables de conversion déjà publiées; il s'est imposé la tâche de calculer à nouveau, et le plus souvent par des méthodes complètement différentes, tous les nombres de conversion qu'il donne; il a en outre pris soin de baser ses calculs sur les résultats considérés aujourd'hui comme les plus exacts des nombreuses mesures de comparaison faites dans ces dernières années sur les unités principales, résultats qui lui ont été fournis par les laboratoires de mesures les plus autorisés, en particulier par le National Bureau of Standards des États-Unis; enfin les plus grandes précautions ont été prises pour éviter les erreurs de calcul et les erreurs typographiques.

Établies dans de telles conditions les Tables de conversion de M. Carl Hering constituent un travail remarquable qui rendra de réels services aux physiciens, lesquels pourront compter sur leur exactitude et s'en servir pour les calculs les plus rigoureux. Mais, si une telle exactitude n'est jamais nuisible, elle n'est pas toujours indispensable à l'ingénieur; aussi l'auteur a-t-il avec raison rassemblé dans une *Condensed List*, les valeurs approchées des principaux facteurs de conversion en indiquant en même temps l'approximation sur laquelle on peut compter par l'adoption de ces valeurs, approximation qui n'est jamais supérieure à 2 pour 100.

Ajoutons que les Tables sont précédées d'une Introduction de 26 pages de texte compact où se trouvent des notions générales sur les systèmes de grandeurs, sur la formation des noms des unités des grandeurs composées, sur les formules de dimensions, etc.; des considérations utiles sur l'emploi des Tables, enfin les décisions des Congrès d'électriciens relativement aux grandeurs et unités. Une Table des matières très étendue, un Index alphabétique et un Tableau des symboles et abréviations, complètent l'Ouvrage et facilitent la recherche des renseignements et leur compréhension.

On ne saurait trop féliciter M. Carl Hering d'avoir entrepris et mené à bonne fin ce travail fastidieux, mais des plus utiles. J. Blondin.

L'Électricité agricole, par GUARINI, rédacteur de la *Revue d'Électricité* (Berne). 1 vol., format $19^{cm} \times 12^{cm}$, 162 pages, nombreuses figures hors texte. Librairie Fischbacher, 33, rue de Seine, Paris.

Tout récemment nous avions l'occasion de signaler ici deux brochures de l'auteur intitulées *L'état actuel de l'Electroculture* et *État actuel du Labourage électrique*. L'Ouvrage qui nous occupe aujourd'hui est plus complet; outre les matières exposées dans ces deux brochures, on y trouve en effet de nombreux exemples d'autres applications de l'Électricité dans les exploitations agricoles : mise en mouvement des multiples machines accessoires qu'on y rencontre, éclairage, transport des produits agricoles, communications téléphoniques, épuration des jus sucrés, purification de l'eau, vieillissement du vin et de l'alcool, etc.

Considéré comme œuvre de vulgarisation et non comme ouvrage technique, car à ce point de vue des critiques seraient à faire, le Livre de M. Guarini est très intéressant. En le parcourant on est quelque peu surpris du nombre considérable d'applications que l'Électricité a su déjà trouver dans les grandes exploitations agricoles et il est à présumer qu'en se répandant parmi les agriculteurs l'Ouvrage de M. Guarini aura pour effet d'étendre ces applications à la moyenne et à la petite culture. Les électriciens et en particulier les exploitants des transports d'énergie électrique à grande distance ne sauraient s'en plaindre, car, bien que chaque application ne demande qu'une faible quantité d'énergie et souvent pendant un temps très court, le nombre énorme des applications possibles rend très désirable l'utilisation de l'Électricité dans les fermes.

L'Électricité agricole est d'ailleurs aujourd'hui un sujet d'actualité, auquel les pouvoirs publics eux-mêmes s'intéressent comme le montre la circulaire du Ministre de l'Agriculture signalée dans *la Revue électrique* du 15 février (p. 94). La publication de M. Guarini vient donc bien à son heure. J. B.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.



VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Société française de Physique.

Séance du 17 juin 1904.

M. FORTIN, à propos des nouveaux *rayons cathodiques* dont les propriétés ont été exposées par M. Villard dans la séance précédente, a étudié le problème suivant : Quelle serait la trajectoire d'une particule électrisée, lancée avec une vitesse w_0, dans un champ magnétique uniforme H parallèle à cette vitesse, lorsqu'elle est également soumise à l'action d'un champ électrique uniforme F normal à H? Cette particule décrit une hélice dont l'axe est dans un plan parallèle à H et perpendiculaire à F; cet axe fait avec H un angle θ dont la tangente est $\tang\theta = \frac{F}{H w_0}$.

En prenant $H = 200$ gauss, $F = 1000$ volts par centimètre, $\frac{m}{e} = 10^{-7}$ pour la particule, $w_0 = 5.10^9$, on trouve $\tang\theta = \frac{1}{10}$ environ; l'axe de l'hélice passe à 1^{mm} environ du point origine où la vitesse est w_0. Le sens de la déviation θ est celui qu'on observe dans les expériences de M. Villard, dont on peut dire qu'elles seraient explicables de cette façon. Il est à remarquer que, dans cette théorie, l'axe du faisceau hélicoïdal dévié reste rectiligne, ce qui ne serait pas le cas pour les particules magnétiques. L'expérience pourra trancher la question.

M. VILLARD tient à faire observer qu'il ne s'est pas cru autorisé à conclure de ses expériences à l'existence pure et simple de particules magnétiques. Ce qui l'a frappé surtout, c'est la discontinuité manifeste entre l'émission des rayons ordinaires et celle des rayons *magnétocathodiques*, c'est-à-dire des rayons qui prennent naissance dans un champ magnétique. Il n'y a aucune transition entre les deux phénomènes. M. Villard avait supposé d'abord l'existence de projectiles cathodiques qui tourneraient autour d'un de leurs diamètres, constituant ainsi des aimants en mouvement. Il ne s'est pas arrêté à cette hypothèse qui lui a paru insuffisante. L'influence du champ magnétique sur l'intensité de l'émission reste inexplicable; elle est cependant rendue manifeste par l'augmentation de la luminescence et l'intensité des rayons X que peut émettre, sous l'action du champ, un tube dont la résistance équivalente est celle de 1^{cm} d'étincelle et qui n'émet pas de rayons dans les conditions ordinaires. C. R.

Société des Ingénieurs civils de France.

La Société des Ingénieurs civils de France, dans sa séance plénière du 17 juin, a décerné les prix qu'elle distribue chaque année à ceux de ses membres ayant produit des travaux intéressants.

Le *Prix annuel* a été décerné à M. J. BÉNARD, le grand constructeur de phares, pour son travail sur l'installation, dans la mer Rouge, pour le Gouvernement ottoman, de trois phares dans des conditions exceptionnelles de difficulté; la Société des Ingénieurs civils de France a ainsi voulu récompenser un nouveau titre du Génie civil français à l'étranger.

Le *Prix Michel Alcan* a été décerné à M. GUILLET. Cet ingénieur s'est spécialisé dans les travaux de recherche sur la qualité des aciers composés. C'est là une branche qui trouve son utilisation immédiate et journalière dans toute l'Industrie et spécialement dans celle de l'Automobilisme. Elle permet, en effet, d'obtenir des aciers de qualité voulue, présentant les résistances nécessaires, et grâce auxquels on a pu, tout récemment, remporter encore un nouveau succès dans la Course internationale.

Enfin, le *Prix F. Coignet* a été décerné par la Section d'électricité à M. V. PICOU, pour ses travaux sur la régulation des dynamos, travaux qui permettent ainsi d'obtenir la régularité dans la production de l'énergie électrique dans tous les cas où l'on en a besoin : pour son application à la lumière, à la force et aux transports.

Un prix analogue a été également décerné à notre confrère M. E. HOSPITALIER, pour ses travaux sur l'enregistrement des phénomènes variables et en particulier pour son ondographe.

Association amicale des Ingénieurs-Électriciens.

La séance du 31 mai est ouverte à $1^h 15^m$ sous la présidence de M. E. Sartiaux.

M. le Président fait connaître divers renseignements relatifs au voyage projeté à Arras. Ce voyage pourrait avoir lieu un dimanche. La C[ie] du Nord ferait probablement un train spécial si les voyageurs étaient au nombre de 60. Le départ de Paris aurait lieu le matin vers 8^h; on arriverait à Arras vers $10^h 15^m$.

Dans la journée, promenade en ville pour visiter les monuments intéressants, déjeuner à midi et ensuite visite à l'Exposition.

On pourrait reprendre le train vers 5^h du soir pour rentrer à Paris vers 7^h.

Il y aurait un wagon-restaurant pour le dîner, dont le prix serait de 5^{fr} par tête, moins le café et les liqueurs.

La dépense totale pour chaque personne s'élèverait à 35^{fr}.

L'excursion est adoptée en principe et fixée au 10 juillet.

M. le Président parle ensuite de l'Exposition universelle et internationale qui aura lieu à Liège en 1905. Il annonce que les Comités de classes vont être constitués, et les ingénieurs qui désirent en faire partie peuvent se faire inscrire.

M. le Président annonce également que les faits principaux intéressant l'Association amicale seront, à l'avenir, mentionnés dans la *Revue électrique*.

La traction électrique sur les canaux de Ladoga.

Les canaux qui relient entre eux les nombreux lacs situés au nord-est de Saint-Pétersbourg forment à peu près les 42 pour 100 de l'ensemble des canaux de tout l'Empire russe. Grâce au voisinage de la capitale, le commerce y est très actif; les principales marchandises qui y circulent sont les bois et les céréales. Le *Journal de l'Industrie*, de Riga, évalue à 4000000 de tonnes le trafic correspondant à l'année 1901, soit 500 millions de tonnes-kilomètre par jour, avec une dépense de travail de 10000 chevaux par an. Le halage est entièrement animal et revient à 12-32 kopecks par verste ($0^{fr},24$–$0^{fr},64$ par 1066^{m}); avec la traction électrique, ces chiffres tomberaient à 2,25-3,5 kopecks, d'après les calculs de l'ingénieur en chef Rando. L'idée d'utiliser les chutes de Wolchow pour produire l'énergie électrique paraissait assez séduisante, et c'est dans ce sens que furent publiés successivement, en 1894 et en 1900, deux projets qui attirèrent l'attention du ministre des Voies et Communications. Un crédit de 2000 roubles fut voté pour étudier la question à fond, mais on reconnut bientôt qu'on manquait de bases certaines pour déterminer les frais d'expropriation des riverains; que, d'autre part, au moment de la débâcle des glaces, le cours impétueux du Wolchow rendait toute évaluation du débit impossible et très aléatoires les travaux de fondation d'une installation si coûteuse. L'ingénieur Rando, renonçant à la houille blanche, démontra que la vapeur permettait d'arriver à une réduction des frais tout aussi importante; la vitesse moyenne des tracteurs serait de 1^{m} à 2^{m} par seconde, vitesse qui permettrait d'effectuer le parcours entier en 50 heures environ, alors que le halage par chevaux demande 8 à 10 jours. Comme points principaux, le projet prévoit deux usines génératrices et le chauffage au pétrole, qui peut être amené sur place, à très bas prix, en utilisant le cours du Volga. A l'heure actuelle, un contre-projet est opposé au premier avec moteur à gaz pauvre comme source d'énergie; le chauffage se ferait à la tourbe, qui abonde dans la région que traverse le canal. B. K.

La protection des câbles sous-marins en temps de guerre.

A propos du conflit russo-japonais, *The Electrician* du 26 février se demande jusqu'à quel point on doit respecter les câbles sous-marins en temps de guerre. Cette question a déjà donné lieu à bien des discussions lors du conflit hispano-américain, et on en était arrivé à cette conclusion que chaque belligérant était en droit de prendre possession ou de couper les câbles situés dans ses propres eaux. La guerre actuelle présente un cas tout particulier. En effet, en dehors des câbles qui appartiennent au Japon même, il s'en trouve un très grand nombre dans les mers sillonnées par les flottes ennemies, qui, bien que jouant un rôle important dans les relations télégraphiques du Japon, ne sont situés ni dans les eaux russes, ni dans les eaux japonaises. Tout acte de destruction de la part de l'un ou l'autre belligérant serait donc considéré comme une infraction au règlement international relatif à la protection des câbles sous-marins en temps de guerre. Ce cas s'est présenté dans la guerre entre le Chili et le Pérou. Les Compagnies intéressées se sont contentées de protester sur le moment contre la rupture de leurs lignes. Mais elles ont reçu, dans la suite, une indemnité. D'un autre côté, des demandes en dommages et intérêts, qui remontent à l'invasion de Cuba, n'ont pas encore reçu de solution. Les Américains, en effet, avaient pris possession des câbles de la Cuba Submarine Telegraph Company, qui se trouvaient dans la zone militaire. La Compagnie n'a encore touché, depuis cette époque, ni l'indemnité de 200000^{fr} qu'elle réclame, ni la subvention de 50000^{fr} que lui garantissait le gouvernement espagnol; cependant, le Sénat américain a voté le paiement de la première somme; mais la Chambre des représentants s'est jusqu'ici refusée à sanctionner le vote du Sénat. Signalons encore une réclamation semblable en suspens de la Eastern Telegraph Company, dont les Américains avaient coupé les câbles qui atterrissent à Manille. B. K.

La production du fer au four électrique.

La commission nommée par le gouvernement canadien pour étudier la fabrication du fer au four électrique et dont nous annoncions le départ pour l'Europe dans *La Revue électrique* du 30 mars (p. 192), vient de rédiger un rapport préliminaire dans lequel elle recommande l'emploi au Canada du four électrique pour la fabrication du fer, ce procédé électrique lui ayant paru à la fois économique et simple.

Les essais les plus importants effectués par la Commission ont été exécutés à l'usine de Livet (Isère). Ces essais, qui portèrent sur 9 tonnes de minerais, furent faits avec les fours à résistance employés dans cette usine pour la fabrication des ferro-chromes; ferro-nickels, etc. Bien que la conduite des fours fût confiée à des ouvriers sans connaissances techniques, en majorité des terrassiers italiens. Aucun incident ne vint troubler la marche régulière des opérations. Diverses pièces, telles que colonnes, poulies, volants, etc. furent coulées avec la fonte ainsi obtenue; les arêtes en étaient très nettes, les surfaces très polies et l'homogénéité très grande. La quantité d'énergie électrique dépensée par tonne de fonte produite fut de 0,226 cheval-an en moyenne. Quant au prix de revient de la tonne de fonte, non compris les droits de licence, il serait au Canada d'environ 53^{fr}, se décomposant ainsi :

	fr
Minerai (hématite) contenant 55 pour 100 de fer, 1842^{kg} à $7^{fr},50$ la tonne	13,80
Coke pour la réduction, 330^{kg} à 35^{fr} la tonne	11,55
Consommation des électrodes, à 25^{fr} les 100^{kg}	3,85
Chaux	1,50
Energie électrique, 0,226 cheval-an à 50^{fr} le cheval-an	11,30
Main d'œuvre à $7^{fr},50$ par jour	4,50
Dépenses diverses	1 »
Frais généraux	2 »
Réparations, entretien	1 »
Amortissement (machines et bâtiments)	2,50
	53 »

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES (¹).

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

Théories et Généralités.

Pages.
Charge des ions (*J.-F. Townsend*) (*).......... 373
Sur l'ionisation par le phosphore (*E. Bloch*).... 90
Swante Arrhénius. Une contribution à l'historique de la théorie de la dissociation (*R. Abbeg*) (*). 245
Découverte de Crémieu-Pender (*W. Sutherland*) (*)........................ 373

Conducteurs, Électrolytes et Diélectriques.

Sur le nombre des électrons qui servent de véhicules aux courants de conduction dans les métaux (*A. Schuster*) (*)..................... 187
Sur la variation de la conductibilité spécifique des solutions salines par les lessives alcalines (*Richard Ehrenfeld*) (*).................. 187
Conductibilité et pouvoir inducteur spécifique de quelques substances au voisinage de l'état critique (*P. Eversheim*) (*).................. 219
Sur la solubilité des ions-mercure dans l'électrode-calomel et sur la solubilité du calomel (*H. Ley* et *C. Heimbucher*) (*).................... 345
La polarisation des électrodes (*Rothé*).......... 347
Tensions de Faraday-Maxwell (*G. Bakker*) (*).. 219
Capacité diélectrique des atomes (*H. Sutherland*) (*)................................ 373

Décharges et Oscillations.

Étude et représentation objective des courants de charge et de décharge des condensateurs (*F. Wittmann*)................................ 153
Détermination des courbes des extra-courants de fermeture et de rupture du circuit des bobines, au moyen de l'ondographe Hospitalier (*Broca* et *Turchini*)........................ 253
Sur l'effet Doppler dans l'étincelle électrique (*A. Hagenbach*)............................. 187
Effet du passage de l'électricité à travers un mélange d'hydrogène et d'oxygène aux basses pressions (*P.-J. Kirby*)................. 250
Remarques sur les décharges dans les tubes raréfiés à électrode unique (*K. Wesendonck*)... 283
Sur la décharge dans les gaz raréfiés (*Villard*). 287, 375
Tube à vide chantant (*W.-J. Hammer*)........ 57
Lueur négative secondaire et primaire (*J. Stark*). 187
Courant presque saturé dans l'espace d'air compris entre deux sphères concentriques ou deux plans parallèles (*Ed. Riecke*).............. 90
Pages.
Expérience de cours sur les ondes électriques dans les fils (*K. Schaum* et *F.-A. Schulze*) (*)... 251
Action des oscillations hertziennes sur les sources de lumière peu intenses (*C. Gutton*)......... 317

Rayons cathodiques, rayons Roentgen, etc.

Sur les rayons cathodiques (*Villard, Fortin*). 287, 347, 375
Influence des rayons cathodiques sur les isolants solides (*A. Becker*) (*).................... 251
Effet de la température du gaz sur l'ionisation produite par les rayons de Rœntgen (*Mc Clung*). 154
Le radium (*Foveau de Courmelles*) (*)........ 350
Le radium dans les eaux de Bath.............. 221
Actions calorifiques de l'émanation du radium (*E. Rutherford* et *H.-T. Barnes*)............ 280
Sur la discussion relative à la nature des émanations du radium ouverte par E. Rutherford au meeting de l'Association britannique en septembre 1903 (*Lord Kelvin*).............. 282
Radioactivité de l'atmosphère (*S.-J. Allan*).... 249
Sur l'origine des rayons Blondlot dégagés pendant les réactions chimiques (*A. Colson*)........ 318

Magnétisme.

Distribution du champ dans l'entrefer des électro-aimants de Weiss et Faraday (*O. Scarpa*)... 250
Orientation d'une toupie aimantée dissymétrique (*H. du Bois*) (*)......................... 251
Suppression de l'hystérésis magnétique; courbes d'aimantation réversibles (*Ch. Maurain*)... 358
Propriétés magnétiques du basalte; influence de la température (*G.-E. Allan*)............... 154
Sur la magnétostriction (*F. Kolacek*) (*)....... 187
Sur la magnétostriction des aciers au nickel (*Nagaoka* et *Honda*)........................ 287
Tensions dans un champ magnéto-statique (*G.-H. Walker*) (*)............................ 373
Action du magnétisme terrestre sur une tige d'acier invar destinée à un pendule géodésique (*Lippmann*)................................ 317

Divers.

Théorie des éléments de piles réversibles (*A. Denizot*).................................. 283
Relations entre les propriétés électriques et optiques des métaux (*E. Hagen* et *H. Rubens*) (*)... 283
Sur la pile à sélénium (*A.-H. Pfund*).......... 512

(¹) Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes.

APPLICATIONS.

Génération et Transformation.

Pages.
FORCE MOTRICE : Méthode Bellet pour la détermination du débit d'une chute d'eau........... 328
Établissement des conduites forcées (*A. Bouchayer*)................................ 318
Régulateur Pitman pour roues Pelton........... 302
Chargeurs pour foyers de stations électriques (*A. Gay*)................................ 142
Brûleur à pétrole A.-E. Johnstone............. 17
Alimentateur à eau bouillante Caille (*J. Barral*) (*). 169
Épuration électrique des eaux de condensation.. 221
Joint de dilatation pour conduites de vapeur (*). 169
Les turbines à vapeur (*L. Drin*).......... 257, 321
Comparaison des turbines à vapeur et des machines à mouvement alternatif au point de vue de l'économie de fonctionnement aux faibles charges (*J.-A. Seymour*)................. 363
Gazogène Crossley et gazogène Dunlop pour charbons bitumineux 18
Les moteurs à gaz dans les stations centrales. Avantage de l'exploitation des usines électriques conjointement avec celle des usines à gaz (*J.-R. Bibbins*)....................... 329
« Cavitation » dans la lubrification (*S. Skinner*) (*)................................ 331
DYNAMOS, TRANSFORMATEURS, ETC. : Expériences sur les courants de Foucault (*W.-M. Thornton*). 261
Sur quelques applications d'une propriété des dynamos en série (*O.-M. Corbino*)........... 230
Les dynamos destinées à être accouplées directement aux turbines à vapeur (turbo-dynamos) (*F. Niethammer*)....................... 295
Notes sur les groupes électrogènes, turbines à vapeur, dynamos (*Geo. Wilkinson*)........ 77
Résultats d'essais d'un turbo-alternateur Brown-Boveri-Parsons de 900-1100 kilowatts....... 19
Essais de turbo-alternateurs Brown-Boveri-Parsons 94
Groupe électrogène Peter Brotherhood pour éclairage des navires (*)...................... 233
Fonctionnement des machines synchrones (*Carcano*)................................ 264
Action inductive de deux circuits d'oscillation électrique; application aux transformateurs de Tesla (*P. Drude*)..................... 313
Application des transformateurs différentiels Lanhoffer à la charge des accumulateurs éclairant les trains de chemins de fer (*M. Aliamet*).. 33
Transformateur à courant continu à tension différentielle (*M. Aliamet*)................ 33
PILES ET ACCUMULATEURS : Pile hydro-électrique à un seul liquide se renouvelant automatiquement (*H. Piqueur*)....................... 41
Pile thermo-électrique (*Albrecht-Heil*).... 78, 79
Un nouvel élément primaire (*E.-C.-P. Bousfield*). 297
Procédé de production de l'énergie électrique par utilisation directe de l'énergie chimique d'un combustible quelconque (*Henri Tourneur*). 41

Pages.
Élément H. Jone et élément J.-H. Reid pour la production de l'énergie électrique en partant directement du charbon.................... 298
Théorie des éléments de pile réversibles (*A. Denizot*)................................ 283
Conditions générales d'utilisation d'une batterie-tampon munie d'un survolteur automatique (*M. Sarrat*)........................ 65. 97
L'accumulateur Edison (*L. Jumau*)............ 2
Sur l'accumulateur Jungner.................... 265
Influence de la lumière sur la formation des accumulateurs (*D. Tommasi, G. Rosset, U. Schoop*)................................ 301
Sur la peroxdation électrolytique du plomb métallique (*Franz Peters*).................... 215
Pile secondaire à électrodes cylindriques (*O.-C. Selbach*)................................ 364
Appareil électrolytique particulièrement applicable comme pile secondaire (*H.-B. Bord*)....... 42
Accumulateur Ebstein.......................... 364
Accumulateur Feldkamp......................... 80
Accumulateur (*Max Schneider* et *Julius Beissbarth*)................................ 232
Perfectionnements apportés aux accumulateurs (*Darling et Chronik*).................... 80
Perfectionnements aux accumulateurs (*H. Ramsbottom* et *J.-M. Richardson*)............. 364
Perfectionnements dans les accumulateurs (*Becker*) 232
Perfectionnements dans les accumulateurs au plomb (*Rosset*)........................ 233
Électrode d'accumulateur et procédé pour sa fabrication (*Johannes von der Poppenburg*)... 42
Électrodes poreuses et indissolubles pour accumulateurs électriques (*Rinaldo Calandri*).. 42
Électrode d'accumulateur (*R. Trub et Cie, Gesellschaft mit Beschrœnkter Haftung*) (*).... 80
Électrode à matière active mélangée de graphite (*Th.-A. Edison*)........................ 266
Plaque d'accumulateur (*J. Holden et Cie*)....... 80
Nouvelle plaque négative pour accumulateurs électriques (*A. Grammont*).................. 232
Système de plaque d'accumulateur (*Chamary*).. 232
Procédé genre Planté pour la formation des électrodes positives (*L. Lejeune*)............ 302
Procédé et dispositif pour la régénération du plomb des vieilles plaques d'accumulateurs (*E.-A. Sperry*)........................ 231
Procédé et appareil pour fondre les plaques d'accumulateurs (*Bijur*)..................... 42
Perfectionnements dans les machines à couler sous pression les électrodes pour accumulateurs et piles (*Vellino*)................. 42
Procédé de construction de plaques pour accumulateurs (*Goudraud* et *Célestre*) (*)........ 80
Perfectionnements dans la fabrication des plaques de plomb pour éléments secondaires (*C. Vellino*)................................ 105

Pages.

Perfectionnements dans la fabrication des électrodes pour éléments secondaires (*Carl Roderbourg*) ... 303
Procédé de fabrication des électrodes d'accumulateurs (*F.-A. Feldkamp*) ... 303
Mode de taille des filières destinées à la fabrication des éléments de plaques d'accumulateurs (*D'Arsonval*) ... 232
Séparateur isolant pour accumulateurs (*Ch. Jeantaud*) ... 80
Enveloppe isolante pour accumulateurs électriques (*Ch. Jeantaud*) ... 232
Dispositif de l'AEG pour régler l'état de charge des batteries d'accumulateurs qui sont disposées en parallèle sur l'enroulement d'excitation des machines-série ... 168
USINES GÉNÉRATRICES : Usine de l'Interboroug Rapid Company de New-York) (*) ... 169
Usine génératrice des tramways de Cleveland (Etats-Unis) (*) ... 169
DIVERS : Les installations électriques à bord des navires de guerre (*H. Leblond*) ... 169
Procédé de tarification de l'énergie électrique (*F.-B. Perry*) ... 172
Informations ... 96, 192, 224
Brevets ... 27, 91, 155, 233, 303, 331

Transmission et Distribution.

Démonstration simple et extension de la loi de Kennelly pour passer du montage en triangle au montage en étoile (*R. Medres*) ... 81
Densité de courant et tension les plus profitables pour les transmissions d'énergie (*Swyngedauw*) ... 331, 349
Formules permettant de calculer la capacité des conducteurs aériens et des câbles (*Leo Lichtenstein*) ... 334
Surtensions dans les canalisations électriques (*R.-V. Picou*) ... 285
Discussion sur les surtensions dans les canalisations électriques (*De Marchena*) ... 348
Mise à la terre des systèmes à tension constante (*S.-B. Hood*) ... 234
Résistance du sol et des prises de terre (*W. Moon*). 304
Effets d'électrolyse dus aux courants de retour (*A.-B. Herrick*) ... 304
Rigidité diélectrique des isolants de haut isolement (*B. Walter*) ... 84
Sur la rigidité diélectrique des isolants de haut potentiel (*W. Weicker, P. Holitscher, C. Baur, B. Walter*) ... 144
Sur la rigidité diélectrique des isolants de haut potentiel (*P. Holitscher*) ... 285
Matière isolante G. Pratt ... 173
Plaques isolantes flexibles J. Justus ... 173
Une gutta-percha artificielle ... 319
Sur l'emploi du bitume comme isolant ... 221
Isolateurs H. Rentzsch ... 365
Systèmes de pose et de protection des canalisations à l'intérieur des immeubles (*O.-L. Falconar*). 20

Pages.

Raccord Hofmann à rivets pour canalisations électriques ... 30
Du choix et de l'installation des appareils de manœuvre pour hautes tensions (*L.-L. Helden*). 83
Emploi des interrupteurs de groupes de feeders dans les grandes stations centrales (*L.-B. Stillwell*) ... 266
Rhéostat à liquide ... 23
Sur la construction des résistances doubles de la Société Ruhstrat de Gœttingue ... 365
Informations ... 96
Brevets ... 27, 91, 155, 236, 267, 335

Applications mécaniques.

Perfectionnements aux moteurs-série à courant alternatif monophasé (*B.-G. Lamme*) ... 145
Les caractéristiques du moteur à répulsion monophasé (*Walter-J. Slichter*) ... 199
L'alternomoteur à répulsion (*C.-P. Steinmetz*) .. 267
La déformation des champs magnétiques alternatifs et tournants dans les moteurs (*R. Goldschmidt*) ... 365
Notes sur les appareils de démarrage des moteurs (*A.-H. Bate*) ... 24
Grue électrique pour la construction des bâtiments ... 288
Commande électrique de la partie tournante du pont de Troïtsky à Saint-Pétersbourg (*P. Diény*) ... 289
Conveyeur électrique pour le Zambèze ... 270
Sur l'utilisation de l'énergie électrique en vue des usages agricoles ... 94
La transmission électrique de l'énergie comme facteur économique dans les usines et les ateliers (*G.-H. Bowden*) ... 200
Application de la force mécanique aux travaux de renouvellement des voies (*Regnoul*) ... 368
Brevets ... 28, 92, 123, 202, 270

Traction.

Problème relatif à la traction électrique à grande vitesse (*Armstrong*) ... 86
L'effet des fréquents arrêts sur les lignes de tramways à grande distance (*A.-H. Armstrong*) (*) ... 181
Essais de traction par courant alternatif simple, système Arnold (*J. Blondin*) ... 13
La traction électrique par courants alternatifs (*A.-C. Eborall*) ... 176
La traction électrique sur les lignes interurbaines. Comparaison entre le courant alternatif et le courant continu (*Paul-M. Lincoln*) ... 43
Force tractive et adhérence magnétique ... 63
Le coût de l'électrificatioa des chemins de fer (*F.-F. Bennett*) ... 310
Mesures de sécurité employées sur le Métropolitain électrique de Berlin ... 223
Effets d'électrolyse dus aux courants de retour des réseaux de tramways (*A.-B. Herrick*) ... 304

Pages.
Prise de courant par contact superficiel pour les tramways électriques..................... 109
Contact superficiel, système Bourne............ 204
Nouvelle prise de courant pour chemins de fer électriques (*E. Thomann*)........... 237, 271
Troisième rail ou conducteur suspendu.......... 126
Dispositifs de sûreté pour lignes de tramways à trôlet (*S.-G. Gai*)....................... 46
Traverses en béton armé...................... 309
La puissance des moteurs de chemin de fer (*Maxim Muller*) (*)..................... 238
Roue en fonte à bandage d'acier (*)............ 204
Frein à air comprimé des tramways de Saint-Louis (États-Unis) (*)......................... 181
Sur les freins de tramways et de chemins de fer (*R.-A. Parke*) (*)....................... 181
Tampons électromagnétiques.................. 181
Voiture d'essai à moteurs à courants alternatifs simples de la Westinghouse Company (*).... 181
Voiture en acier pour le métropolitain de New-York 204
Voitures à portières latérales pour le service suburbain................................. 222
Voiture pétroléo-électrique du North-Eastern Railway..................................... 307
Nouvelles locomotives électriques du chemin de fer de Baltimore and Ohio................. 45
Locomotive électrique Thury de la ligne Seint-Georges-de-Commiers à La Mure 137
Les moyens de transport à Berlin et à Paris (*Ch. Jacquin*) 161, 197
Les moyens de transport à Hambourg et à Kiel (*Ch. Jacquin*)......................... 225
Tramways de Richmond (États-Unis)........... 205
Tramways San-Francisco, Oakland et San-José.. 205
Tramways électriques de Vienne (*)............ 205
Tramways urbains et suburbains de Los Angeles. 205
Tramways suburbains d'Indianopolis (É.-U.) (*). 181
Tramway interurbain de Conneaut à Érié (États-Unis) (*)............................... 205
Tramway interurbain de Rochester à Geneva (Etats-Unis)........................... 205
Ouverture d'un nouveau chemin de fer tubulaire, à Londres.............................. 191
Great Northern and City Railway (Londres)..... 205
Ligne à troisième rail de San-Francisco à San-Rafael................................ 181
Ligne à troisième rail de Jackson à Rattle Creek (Etats-Unis) (*)........................ 181
Ligne de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure (*M. Letheule*).......................... 129
Chemin de fer électrique du Vésuve............ 205
La traction électrique dans la région de Newcastle-on-Tyne sur le réseau du North-Eastern Railway 173
La traction électrique sur la ligne de Liverpool à Southport et à Crossens.................. 336
Inauguration de la traction électrique sur la ligne de Liverpool à Southport et Crossens 351
Traction électrique sur le transsibérien.......... 319
La traction électrique sur les grandes lignes des chemins de fer italiens (*Pietro Lanino*) (*). 181
Résultats d'exploitation du City and South London Railway (*Mac Mahon*).................... 86
Résultats d'exploitation du chemin de fer de la Mersey (*H.-L. Kirker*).................... 203
Résultats d'exploitation de la ligne Cleveland-Toledo.................................... 205
Résultats des essais de traction électrique sur les chemins de fer italiens...................... 223
La traction électrique sur les canaux............ 49
La traction électrique sur les canaux de Ladoga.. 376
Informations..................... 96, 128, 192, 224
Brevets................. 28, 92, 182, 238, 271, 343

Télégraphie et Téléphonie.

Système télégraphique diplex différentiel (*) 183
La protection des câbles sous-marins en temps de guerre 376
Méthode simple pour réaliser deux rotations synchrones à deux stations éloignées, au moyen du fréquencemètre de Hartmann-Kempf (*A. Korn*).............................. 272
Télégraphie sans fil (*Chaumat*)................ 349
Télégraphie sans fil, système De Forest 206
Télégraphie sans fil, système Lodge-Muirhead ... 50
Sur la réglementation de la télégraphie sans fil (*A. Turpain*)........................... 62
Variations du potentiel le long de l'antenne du transmetteur (*C.-A. Chant*)............... 238
Sur le fonctionnement des cohéreurs associés (*A. Turpain*).......................... 122
Récepteur Plecher pour télégraphie sans fil...... 206
Un nouveau détecteur d'ondes pour télégraphie sans fil (*W. Schlœmilch*) 207
Détecteur magnéto-élastique Sella (*C. Carpini*). 208
Détecteur Ewing et Walter pour la télégraphie sans fil.................................. 343
Sur la mesure des longueurs d'onde en télégraphie sans fil (*A. Slaby*)...................... 209
Appareil pour la mesure des longueurs d'onde (*J. Dönitz*).............................. 277
Sur la mesure des longueurs d'onde (*P. Drude*). 279
Action inductive de deux circuits d'oscillation électrique; application à la télégraphie sans fil (*P. Drude*)........................ 313
Nouveau microphone (*Tariel*)................. 347
Relais téléphonique Cooper Hewitt à vapeur de mercure 126
Le nouveau service téléphonique de Brescia 288
Système Bruné-Turchi de télégraphie et de téléphonie simultanées 271
Nouveau système de connexion des appareils sur les lignes télégraphiques et téléphoniques (*A. Banti*)............................. 182
Informations sur la télégraphie sans fil. 90, 128, 192
Informations diverses...................... 96, 224
Brevets......... 28, 59, 123, 183, 214, 242, 273, 344

Applications thermiques.

Pages.
Procédé J.-C.-C. Kessmeier pour le moulage du verre par le four électrique 90
Four électrique à résistance pour la fabrication des objets en charbon (*E.-G. Acheson*)..... 242
Fours à résistance pour la fabrication du carbure de calcium (*A.-H. Cowles*)................ 183
Appareils de chauffage électrique 31
Stérilisateur électrique du Dr Wiart 158
Le chauffage électrique et son application à la boulangerie (*Le Roy*) 350
Inflammation électrique des moteurs à explosion (*H. Armagnat*).......................... 37
Allumage des moteurs à explosion (*Arnoux*)... 251
Brevets............................ 60, 124, 184

Éclairage.

Expériences sur un arc continu de 6500 volts (*J. de Kowalski*)......................... 121
Chutes de potentiel dans l'arc électrique (*G. Schulze*)............................... 152
Sur le rayonnement de l'arc électrique (*H. Hallwachs*)................................ 274
Maximum relatif de la lumière émise dans une direction déterminée par un arc à courants continus (*E. Richter*)................... 310
Charbons minéralisés Blondel.................. 344
Sur la conductibilité de la vapeur de mercure (*Cooper Hewitt*)........................ 184
Une lampe à arc de mercure en verre de quartz (*Max Bodenstein*)...................... 214
Recherches sur l'arc voltaïque dans les vapeurs métalliques aux basses pressions (*E. Weintraub*). 274
Sur les lampes à vapeur de mercure et sur une nouvelle lampe à allumage automatique (*H. Paweck*)............................... 368
Sur la lampe à osmium....................... 52
Rayonnement d'un filament Nernst pour différentes intensités de courant (*L.-N. Hartmann*) .. 276
La lampe Nernst en Suisse.................... 320
Incandescence par le gaz et arc électrique....... 30
Relation entre l'éclat d'une source lumineuse et sa température (*H. Eisler*)............... 370
Un nouveau système d'éclairage électrique des voitures de chemins de fer (*Loppé*)......... 349
Système Loppé d'éclairage électrique des trains (*Ch. Jacquin*)......................... 353
Informations............................ 128, 256
Brevets 60, 124, 185, 215, 277, 345

Électrochimie et Électrométallurgie.

MÉTALLOÏDES ET DÉRIVÉS MÉTALLOÏDIQUES : Électrolyseur Haas et Oettel pour blanchiment électrolytique 112
Sur la formation électrolytique des perchlorates (*Wilhem Oechsli*)...................... 114
Sur la formation électrolytique de l'acide périodique et de ses sels (*Erich Muller*)........ 185
Ozonisation par l'effluve (*E. Warburg*) (*).... 219
Ozonisation par l'effluve (*A.-H. Gray*) (*) 345
Dispositifs pour l'électrolyse de l'eau (*L. Tiersot*). 52
Sur l'électrolyse industrielle de l'eau et sur l'emploi de l'hydrogène et de l'oxygène pour la soudure (*U. Schoop*) 110
Sur l'oxydation électrolytique des sulfites et sur la formation électrochimique des dithionates (*A. Friessner*) 310
MÉTAUX ET DÉRIVÉS MÉTALLIQUES : Calcium électrolytique 127
Four à résistance pour carbure de calcium (*A.-H. Cowles*)................................ 183
Préparation du fer au four électrique 376
Sur la peroxydation électrolytique du plomb métallique (*Franz Peters*).................. 215
Contribution à l'étude des sels plombiques (*K. Elbs* et *R. Nubling*)........................ 118
Alliages plomb-aluminium (*) et alliages zinc-aluminium (*H. Pécheux*).............. 317, 318
Sur le rendement pendant l'argenture électrolytique (*W. Pfanhauser*) (*)................ 345
Sur la dissolution électrolytique du platine ; nouveau procédé de préparation des platinocyanures (*A. Brochet* et *J. Petit*) 317
Sur la préparation électrolytique des sels trivalents de vanadium (*A. Bultemann*) (*)..... 345
MATIÈRES ORGANIQUES : Sur la préparation électrolytique des matières colorantes azoïques (*Walther Lœb*) 345
DIVERS : Galvanotechnique et Photographie (*Joseph Rieder*) 151
Sur la détermination électrochimique de l'attaque du verre (*F. Habert* et *H. Schwonde*) (*)... 345
Informations............................... 192
Brevets........................... 60, 185, 345

Mesures et Essais.

Discussion sur la nomenclature électrique 253
Elément normal Daniell pour les laboratoires techniques (*G. Rosset*).................... 311
Emploi des capacités comme multiplicateurs pour les voltmètres électrostatiques dans les réseaux à courant alternatif (*E.-F. Marchant* et *G. W. Worall*)............................ 185
Ampèremètre Feussner à plusieurs sensibilités ... 242
Compteur à ailettes pour courant continu de Siemens et Halske.......................... 244
Procédés Ingalls pour rendre constant le frottement des collecteurs de compteur........... 245
Sur la flexion des règles-supports dans les magnétomètres (*C. Chree*) 245
Pont de Wheatstone protégé (*G.-A. Campbell*). 312
Sur l'exactitude et le mode de fonctionnement des fréquencemètres de Hartmann et Braun ; Influence de l'amplitude sur la hauteur et l'amortissement des vibrations des diapasons et des lames d'acier en forme d'anche (*H. Hartmann* et *Kempf*)..................... 246
Electrogoniomètre de M. Routin (*Chaumat*).... 148
Influence de la forme de la courbe sur le facteur de puissance déterminé par la méthode des

Pages.
deux wattmètres (*L. Bloch*) 216
Sur un phasemètre (*A. Grau*) 313
Action inductive de deux circuits d'oscillation électrique : application à la mesure des périodes (*P. Drude*) 313
Appareil pour la mesure des longueurs d'ondes et ses applications (*J. Dönitz*) 277
Sur la mesure des longueurs d'onde électrique (*P. Drude*) 279
Mesure de l'isolement du fil de travail dans les lignes de traction (*H. A. Mork*) 48
Mesure de l'isolement des coussinets ou isolateurs, supportant le rail ou la ligne de prise de courant pour la traction (*L. Pillier*) 197
Appareil transportable Siemens et Halske pour mesures de canalisations 53
Essais d'isolement des réseaux (*A.-M. Taylor*) .. 106
Nouvel appareil destiné à la mesure de la puissance des moteurs (*Ch. Renard*) 317
Sur un nouvel indicateur électromagnétique de vitesse à distance (*R. Arnoux*) 149
Photomètre à scintillation Simmance et Abady... 314
Brevets 60, 92, 124, 219, 280

DIVERS.

Sociétés savantes, techniques et industrielles.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Les prix de l'Académie des Sciences 32
Séance du 18 avril : Action des oscillations hertziennes sur les sources de lumière peu intenses (*C. Gutton*) 317
Séance du 25 avril : Alliages plomb-aluminium (*H. Pécheux*) 317
Séance du 2 mai : Action du magnétisme terrestre sur une tige d'acier invar destinée à un pendule géodésique (*Lippmann*). — Nouvel appareil destiné à la mesure de la puissance des moteurs (*Ch. Renard*). — Sur la dissolution électrolytique du platine, nouveau procédé de préparation des platinocyanures (*A. Brochet* et *J. Petit*). — Origine des rayons Blondlot dégagés pendant les réactions chimiques (*A. Colson*). — Alliages zinc-aluminium (*H. Pécheux*) 317, 318
ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES. — Conférences pour 1904 64
Congrès de Grenoble 224
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — Exposition de la Société française de Physique 254
Séance du 15 janvier : Élection des vice-président et vice-secrétaire et renouvellement partiel du Conseil. — Sur l'effet enregistré par le détecteur magnétique (*Tissot*) 64
Séance du 5 février : Ionisation par le phosphore (*E. Bloch*). — Variation de la température de l'air avec la hauteur (*Teisserenc de Bort*) 90, 96
Séance du 19 février : Sur la production spontanée des courants alternatifs de grande fréquence par le téléphone haut parleur (*Abraham*) — Sur un arc continu de 65000 volts (*J. de Kowalski*). — Sur les cohéreurs associés (*Turpain*). — Nouveau dispositif permettant de souffler l'arc de haute fréquence (*d'Arsonval*). — Dispositif de protection pour sources électriques alimentant les générateurs de haute fréquence (*d'Arsonval*) 121, 122, 126, 127, 160
Séance du 4 mars : Démonstration élémentaire de la règle des phases (*Raveau*). — Rôle des corpuscules dans la formation de la colonne anodique des tubes à gaz raréfiés (*H. Pellat*). — Stato-voltmètre mesurant de 2000 à 40000 volts en équilibre stable (*V. Crémieu*). — Différents régimes de l'étincelle soufflée (*Lemoine* et *Chapeau*). — Les aciers-nickel (*Ch.-Ed. Guillaume*) 159, 160
Séance du 18 mars : Fluxmètre (*Grassot*). — Télescope pyrométrique pour basses températures (*Féry*). — Nouveau récepteur pour la Télégraphie sans fil (*Vasilesco Karpen*).... 191
Séance du 6 mai : Sur la décharge dans les gaz raréfiés (*Villard*). — Sur la magnéto-striction des aciers au nickel (*Nagaoka* et *Honda*) 287
Séance du 20 mai : Nouveau microphone (*Tariel*). — Sur les rayons cathodiques (*Villard*). — La polarisation des électrodes (*Rothé*)..... 347
Séance du 17 juin 1904 : Sur les rayons cathodiques (*Fortin, Villard*) 375
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — Séance du 2 mars : Électrogoniomètre de M. Routin (*Chaumat*). — Indicateur électromagnétique de vitesse à distance (*Arnoux*). — Sur la terminologie électrique (*Hospitalier*) 148, 149, 159
Séance du 13 avril : Discussion sur la nomenclature électrique (*Lauriol, Boucherot, Tripier, Janet, Hospitalier*). — Détermination des courbes des extra-courants de fermeture et de rupture du circuit des bobines, au moyen de l'ondographe Hospitalier (*Broca* et *Turchini*). — Allumage des moteurs à explosion (*Arnoux*) 253, 254
Séance du 4 mai : Surtensions dans les canalisations électriques (*R.-V. Picou*) 285
Séance du 1er juin : Discussion sur les surtensions dans les canalisations électriques (*de Marchéna*). — Les densités de courant et tensions les plus profitables pour les transmissions d'énergie (*Swyngedauw*). — Un nouveau système d'éclairage électrique des voitures de chemin de fer (*Loppé*) 331, 348, 349
SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE. — Composition du Bureau pour 1904 32
Prix décernés en 1904 375

Pages.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. — Séance du 11 mars : Sur les pompes centrifuges (*J. Rey*) ... 190
SYNDICAT DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES. — Séance du 10 mai ... 350
SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ. — Assemblée générale annuelle du 4 juin : Télégraphie sans fil (*Chaumat*). — Le radium (*Foveau de Courmelles*). — Le chauffage électrique et son application à la boulangerie (*Le Roy*) ... 349, 350
ASSOCIATION AMICALE DES INGÉNIEURS ÉLECTRICIENS. — Séance du 26 avril : Ouverture d'un concours relatif à des indicateurs de l'état de charge des conducteurs ... 350
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS. — Conférences de 1904 ... 64
BRITISH ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCES. — Emploi des capacités comme multiplicateurs pour les voltmètres électrostatiques dans les réseaux à courant alternatif (*E.-F. Marchant* et *G.-W. Worall*) ... 185
INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS. — Notes sur les groupes électrogènes, turbines à vapeur, dynamos (*Geo Wilkinson*) ... 77
Essais d'isolement des réseaux (*A.-M. Taylor*) ... 105
La traction électrique par courants alternatifs (*A.-C. Eborall*) ... 176
Résultats d'exploitation du chemin de fer de la Mersey (*H.-L. Kirker*) ... 203
Expériences sur les courants de Foucault (*W.-M. Thornton*) ... 261
Les moteurs à gaz dans les stations centrales. Avantages de l'exploitation des usines électriques conjointement à celle des usines à gaz. (*J.-R. Bibbins*) ... 329
AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS. — Problèmes relatifs à la traction électrique à grande vitesse (*Armstrong*) ... 86
Les caractéristiques du moteur à répulsion monophasé (*Walter J. Slichter*) ... 199
L'alternomoteur à répulsion (*C.-P. Steinmetz*) ... 267
VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER. — Ampèremètre Feussner à plusieurs sensibilités (*Feussner*) ... 242
SOCIÉTÉS INDUSTRIELLES. — Sociétés nouvelles ... 128, 192, 256, 352

Expositions. Congrès. Laboratoires.

Le Congrès international des Électriciens de 1904 ... 30
Troisième Congrès électrotechnique russe ... 189
Exposition de la Société française de Physique ... 254
L'exposition d'automobiles du Krystall-Palace ... 287
Exposition de parafoudres industriels à Grenoble ... 351
Congrès national de la propriété industrielle. 127, 350
Bureau de contrôle des installations électriques ... 288
L'Institut de Chimie physique et d'Électrochimie de l'Université de Carlsruhe (*Le Blanc*) ... 345

Bibliographie.

Pages.

OUVRAGES GÉNÉRAUX. — Leçons d'Électrotechnique générale (*P. Janet*) ... 61
L'Électricité industrielle mise à la portée de l'ouvrier (*E. Rosenberg*) ... 61
La technique des courants alternatifs (*Giuseppe Sartori*) ... 93
Courant alternatif (Phénomènes fondamentaux et principales applications du) (*R. Swyngedauw*) ... 125
Dictionary of electrical words, terms and phrases (*Edwin J. Houston*) ... 125
GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION : Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole (*Aimé Witz*) ... 346
Leçons sur les moteurs d'automobiles et les applications industrielles de l'alcool au chauffage, à l'éclairage et à la force motrice (*M.-L. Marchis*) ... 29
Les maladies des machines électriques (*E. Schulz*) ... 316
Die Herstellung der Akkumulatoren (fabrication des accumulateurs) (*F. Grunwald*) ... 284
TRANSMISSION ET DISTRIBUTION : Les canalisations électriques (*R. Wittebolle*) ... 252
APPLICATIONS MÉCANIQUES : L'Électricité dans les mines en Europe (*E. Guarini*) ... 157
TRACTION : Traité pratique de traction électrique (*L. Barbillion*) ... 93
Les chemins de fer électriques (*Henri Maréchal*) ... 220
Elektrisch betriebene Strassenbahnen-Taschenbuch. (Livre de poche sur les tramways électriques) (*S. Herzog*) ... 284
TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE : Traité pratique de Télécommunication électrique (*Edouard Estaunié*) ... 188
La Télégraphie sans fil. L'œuvre de Marconi (*E. Guarini*) ... 157
La Telegraphia senza filo (B) (*A. Righi*) ... 316
ÉCLAIRAGE : Éclairage (huiles, alcool, gaz, électricité, photométrie) (*L. Galine* et *Saint-Paul*) ... 284
ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE : L'aluminium, ses propriétés, ses applications (*P. Moissonnier*) ... 61
Die Elektrometallurgie der Alkalimetalle (*H. Becker*) ... 188
Die elektrolytische Raffination des Kupfers (L'affinage électrique du cuivre) (*Titus Ulke*) ... 252
Die Metale-Geschichte, Vorkommen und Gewinnung nebst ausfuhrlicher Productions- und Preis-Statistik (*B. Neumann*) ... 252
MESURES ET ESSAIS : Essais industriels des machines électriques et des groupes électrogènes (*F. Loppé*) ... 157
Ready Reference Tables (*Carl Hering*) ... 374
DIVERS : L'état actuel de l'Électroculture (*E. Guarini*) ... 125
État actuel du labourage électrique (*E. Guarini*) ... 157
L'Électricité en agriculture (*E. Guarini*) ... 157



Pages.
L'Électricité agricole (*Guarini*)................ 374
Recherches sur l'effet magnétique des corps électrisés en mouvement (*Vasilesco Karpen*)... 220
Le radium (*G.-H. Niewenglowski*)............ 252
Annuaire de 1904 du syndicat professionnel des usines d'électricité 252
Annuaire du Bureau des longitudes pour 1904 29

Divers.

Pages.
Le tricentenaire de Gilbert..................... 128
Mort d'Aristide Bergès......................... 192
Mort de Hefner-Alteneck (Frederich von)........ 95
Sur l'emballage du matériel à destination du Bengale et sa conservation dans ce pays (*Paul Bruhl*)................................ 58

TABLE DES NOMS D'AUTEURS (¹).

Abady. — Voir *Simmance* et *Abady*........... 314
Abbeg (R.). — Swante Arrhénius. Une contribution à l'historique de la théorie de la dissociation.................................. 345
Acheson (E.-G.). — Four électrique à résistance pour la fabrication des objets en charbon... 242
Albrecht-Heil. — Pile thermo-électrique.. 78, 79
Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft. — Dispositif pour régler l'état de charge des batteries d'accumulateurs qui sont disposées en parallèle sur l'enroulement d'excitation des machines-série 168
Aliamet (M.). — Application des transformateurs différentiels Lanhoffer à la charge des accumulateurs éclairant les trains de chemin de fer.................................. 33
— Transformateur à courant continu à tension différentielle.............................. 33
Allan (S.-J.). — Radioactivité de l'atmosphère.. 249
Allan (G.-E.). — Propriétés magnétiques du basalte; influence de la température.......... 154
Armagnat (H.). — Inflammation électrique des moteurs à explosion...................... 37
Armstrong (A.-H.). — Problèmes relatifs à la traction électrique à grande vitesse......... 86
— L'effet des fréquents arrêts sur les lignes de tramway à grande vitesse................. 181
Arnold (B.-J.). — Système de traction électropneumatique.............................. 13
Arnoux (R.). — Sur un nouvel indicateur électromagnétique de vitesse à distance........... 149
— Allumage des moteurs à explosion........... 254
Bakker (G.).— Tensions de Faraday-Maxwell (*). 219
Banti (A.). – Nouveau système de connexion des appareils sur les lignes télégraphiques et téléphoniques.............................. 182
Barbillion (L.). — Traité pratique de traction électrique (B)............................ 93
Baur (C.). — Sur la rigidité diélectrique des isolants de haut potentiel.................... 144
Bate (A.-H.). — Notes sur les appareils de démarrage des moteurs...................... 24
Becker. — Perfectionnements dans les accumulateurs.................................... 232
Becker (A.). — Influence des rayons cathodiques sur les isolants solides.................... 251
Becker (H.). — Die Elektrometallurgie der Alkalimetalle (B)............................ 188
Beissbarth (Julius). — Voir *Schneider Max* et *Beissbarth* (*Julius*)........................ 232
Bellet. — Méthode Bellet pour la détermination du débit d'une chute d'eau................. 328
Bennett (F.-F.). — Le coût de l'électrification des chemins de fer........................ 310
Bibbins (R.-J.). — Les moteurs à gaz dans les stations centrales. Avantages de l'exploitation des usines électriques conjointement à celle des usines à gaz.......................... 329
Bijur. — Procédés et appareils pour fondre les plaques d'accumulateurs.. 42
Bloch (E.). — Sur l'ionisation par le phosphore. 90
Bloch (L.). — Influence de la forme de la courbe sur le facteur de puissance déterminé par la méthode des deux wattmètres............ 216
Blondel. — Charbons minéralisés............. 344
Blondin (J.). — Essais de traction par courant alternatif simple, système Arnold.......... 13
Bodenstein (Max). — Une lampe à arc de mercure en verre de quartz................... 214
Bord (H.-B.). — Appareil électrolytique particulièrement applicable comme pile secondaire. 42
Bouchayer (A.). — Établissement des conduites forcées.................................. 318
Bourne. — Contact superficiel. 204
Bousfield (E.-G.-P.). — Un nouvel élément primaire.................................. 297
Bowden (G.-H.). — La transmission électrique de l'énergie comme facteur économique dans les usines et les ateliers........................ 200
Broca et Turchini. — Détermination des courbes

(¹) Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes; la lettre (B) indique une analyse bibliographique.

Pages.
des extra-courants de fermeture et de rupture du circuit des bobines, au moyen de l'ondographe Hospitalier 253
BROCHET (A.) et PETIT (J.). — Sur la dissolution électrolytique du platine, nouveau procédé de préparation des platinocyanures 317
BROTHERHOOD (Peter). — Groupe électrogène pour éclairage des navires (*) 233
BRUHL (Paul). — Sur l'emballage du matériel à destination du Bengale et sa conservation dans ce pays 58
BRUNÉ et TURCHI. — Système de télégraphie et de téléphonie simultanées 271
BULTEMANN (A.). — Sur la préparation électrolytique des sels trivalents de vanadium (*) 345
CAILLE. — Alimentateur à eau bouillante 169
CALANDRI (Rinaldo). — Électrodes poreuses et indissolubles pour accumulateurs électriques. 42
CAMPBELL (G.-A.). — Pont de Wheatstone protégé. 312
CARCANO. — Fonctionnement des machines synchrones 264
CARPINI (C.). — Détecteur magnéto-élastique Sella. 209
CÉLESTRE. — Voir *Goudraud* et *Célestre* (*) 80
CHAMARY. — Système de plaque d'accumulateur.. 232
CHANT (C.-A.). — Variations du potentiel le long de l'antenne du récepteur 238
CHRONIK. — Voir *Darling* et *Chronik* 80
CHREE (C.). — Sur la flexion des règles-supports dans les magnétomètres 245
CHAUMAT. — Électrogoniomètre de M. Routin 148
CLUNG (Mc). — Effet de la température du gaz sur l'ionisation produite par les rayons de Rœntgen 154
COLSON (A.) — Sur l'origine des rayons Blondlot dégagés pendant les réactions chimiques (*).. 318
COOPER-HEWITT. — Relais téléphoniques à vapeur de mercure 126
— Sur la conductibilité de la vapeur de mercure. 184
CORBINO (O.-M.). — Sur quelques applications d'une propriété des dynamos en série 230
COWLES (A.-H.). — Four à résistance pour la fabrication du carbure de calcium 183
CROSSLEY. — Gazogène pour charbons bitumineux. 18
DARLING et CHRONIK. — Perfectionnements apportés aux accumulateurs électriques 80
D'ARSONVAL. — Mode de taille des filières destinées à la fabrication d'éléments de plaques d'accumulateurs 232
DE FOREST. — Télégraphie sans fil 206
DENIZOT (A.). — Théorie des éléments de piles réversibles 283
DIÉNY (P.). — Commande électrique de la partie tournante du pont de Troïtsky, à Saint-Pétersbourg 289
DÖNITZ (J.). — Appareil pour la mesure des longueurs d'onde et ses applications 277
DRUDE (P.). — Sur la mesure des longueurs d'onde électrique 279
— Action inductive de deux circuits d'oscillation électrique : application à la mesure des périodes, des amortissements, aux transformateurs Tesla, à la télégraphie sans fil 313
DRIN (L.). — Les turbines à vapeur 257, 321
DU BOIS (H.). — Orientation d'une toupie aimantée dissymétrique (*) 251
DUNLOP. — Gazogène pour charbons bitumineux. 18
EBORALL (A.-C.). — La traction électrique par courants alternatifs 176
EBSTEIN. — Accumulateur 364
EDISON (T.-A.). — Électrode à matière active mélangée de graphite 266
EHRENFELD (Richard). — Sur la variation de la conductibilité spécifique des solutions salines par les lessives alcalines (*) 187
EISLER (H.). — Relation entre l'éclat d'une source et sa température 370
ELBS (K.) et NUBLING (R.). — Contribution à l'étude des sels plombiques 118
ESTAUNIÉ (Édouard). — Traité pratique de Télécommunication électrique (Télégraphie, Téléphonie) (B) 188
EVERSHEIM (P.). — Conductibilité et pouvoir inducteur spécifique de quelques substances au voisinage de l'état critique 219
EWING et WALTER. — Détecteur pour la télégraphie sans fil 343
FALCONAR (O.-L.). — Système de pose et de protection des canalisations à l'intérieur des immeubles 20
FELDKAMP (F.-A.). — Accumulateur électrique ... 80
— Procédé de fabrication des électrodes d'accumulateurs 303
FEUSSNER. — Ampèremètre à plusieurs sensibilités 242
FORTIN. — Rayons cathodiques 375
FOVEAU DE COURMELLES. — Le radium (*) 350
FRIESSNER (A.). — Sur l'oxydation électrolytique des sulfites et sur la formation électrochimique des dithionates 310
GAI (S.-G.). — Dispositifs de sûreté pour lignes de tramways à trôlet 46
GALINE (L.) et SAINT-PAUL. — Éclairage (huiles, alcool, gaz, électricité, photométrie) (B) 284
GANS (R.). — Magnétostriction des substances paramagnétiques (*) 219
GAY (A.). — Chargeurs pour foyers de stations électriques 142
GOLDSCHMIDT (R.). — La déformation des champs magnétiques alternatifs et tournants dans les moteurs 365
GOUDRAUD et CÉLESTRE. — Procédé de construction de plaques pour accumulateurs (*) 80
GRAMMONT (A.). — Nouvelle plaque négative pour accumulateurs électriques 232
GRAU (A.). — Sur un phasemètre 313
GRAY (A.-H.). — Ozonisation par l'effluve 345
GRUNWALD (F.). — Die Herstellung der Akkumulatoren (Fabrication des accumulateurs) (B).. 284
GUARINI (E.). — L'état actuel de l'Électroculture (B) 125



Pages.
— L'Électricité en agriculture (B)............. 157
— La Télégraphie sans fil. L'œuvre de Marconi (B)... 157
— État actuel du labourage électrique (B)....... 157
— L'Électricité dans les mines en Europe (B).... 157
— L'Électricité agricole (B)................... 374
GUTTON (C.). — Action des oscillations hertziennes sur les sources de lumière peu intenses..... 317
HAAS et OETTEL. — Électrolyseur pour blanchiment électrolytique........................ 112
HABERT (F.) et SCHWENDE (H.). — Sur la détermination électrolytique de l'attaque du verre. 345
HAGEN (E.) et RUBENS (H.). — Relations entre les propriétés électriques et optiques des métaux (*)................................. 283
HAGENBACH (A.). — Sur l'effet Doppler dans l'étincelle électrique (*)...................... 187
HALLWACHS (H.). — Sur le rayonnement de l'arc électrique 274
HAMMER (W.-J.). — Tube à vide chantant....... 57
HARTMANN (L.-N.). — Rayonnement d'un filament Nernst pour différentes intensités de courant................................... 276
HARTMANN (R.) et KEMPF. — Sur l'exactitude et le mode de fonctionnement des fréquencemètres de Hartmann et Braun. Influence de l'amplitude sur la hauteur et l'amortissement des vibrations des diapasons et des lames d'acier en forme d'anche 246
HEIMBUCHER (C.). — Voir *Ley (H.)* et *Heimbucher (C.)* (*)............................ 345
HELDEN (L.-L.). — Du choix et de l'installation des appareils de manœuvre pour hautes tensions.................................... 83
HERING (CARL). — Ready Reference Tables (B)... 374
HERRICK (A.-B.). — Effets d'électrolyse dus aux courants de retour des réseaux de tramways. 304
HERZOG (S.). — Elektrisch betriebene Strassenbahnen-Taschenbuch (Livre de poche sur les tramways-électriques (B)................. 284
HOLDEN (J.) et Cie. — Plaque d'accumulateur... 80
HOLITSCHER (P.). — Sur la rigidité diélectrique des isolants de haut potentiel 144, 285
HONDA. — Voir *Nagaoka et Honda*........... 287
HOOD (S.-B.). — Mise à la terre des systèmes à tension constante.......................... 234
HOUSTON (Edwin-J.). — Dictionary of electrical words, terms and phrases (B.)............ 125
INGALLS. — Procédé pour rendre constant le frottement des collecteurs de compteur......... 245
JACQUIN (Ch.). — Les moyens de transport à Berlin et à Paris........................ 161, 197
— Les moyens de transport à Hambourg et à Kiel.................................... 225
— Système d'éclairage électrique des trains...... 353
JANET (P.). — Leçons d'Électrotechnique générale (B)................................ 61
JEANTAUD (Ch.). — Séparateur isolant pour accumulateurs............................... 80
— Enveloppe de plaque d'accumulateurs........ 232
JOHNSTONE (A.-E.). — Brûleur à pétrole........ 17

Pages
JOLY (H.-L.). — L'exposition d'automobiles du Krystall-Palace........................... 287
JONE (H.). — Élément pour la production de l'énergie électrique en partant directement du charbon.............................. 298
JUMAU (L.). — L'accumulateur Édison........... 2
JUNGNER. — Accumulateur...................... 265
JUSTUS (J.). — Plaques isolantes flexibles....... 173
KARPEN (Vasilesco). — Recherches sur l'effet magnétique des corps électrisés en mouvement (B)...................................... 220
KELVIN (Lord). — Sur la discussion relative à la nature des émanations du radium, ouverte par E. Rutherford au meeting de l'Association britannique, en septembre 1903.............. 282
KESSMEIER (J.-C.-T.). — Procédé pour le moulage du verre par le four électrique............ 99
KIRBY (P.-J.). — Effet du passage de l'électricité à travers un mélange d'hydrogène et d'oxygène aux basses pressions...................... 250
KIRKER (H.-L.). — Résultats d'exploitation du chemin de fer de la Mersey................ 103
KOLACEK (F.). — Sur la magnétostriction (*)..... 187
KORN (A.). — Méthode simple pour réaliser deux rotations synchrones à deux stations éloignées au moyen du fréquencemètre de Hartmann-Kempf............................. 272
KOWALSKI (J. DE). — Expériences sur un arc continu de 6500 volts....................... 121
LAMME (B.-G.). — Perfectionnements aux moteurs-série à courant alternatif monophasé.. 145
LANINO (Pietro). — La traction électrique sur les grandes lignes des chemins de fer italiens (*). 181
LE BLANC. — L'Institut de Chimie physique et d'Electrochimie de Carlsruhe (*)............ 345
LEBLOND (H.). — Les installations électriques à bord des navires de guerre................ 169
LEJEUNE (L.). — Procédé genre Planté pour la formation des électrodes positives........... 302
LE ROY. — Le chauffage électrique et son application à la boulangerie 350
LETHEULE (M.). — Ligne de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure......................... 129
LEY (H.) et HEIMBUCHER (C.) (*)................ 345
LICHTENSTEIN (Léo). — Formules permettant de calculer la capacité des conducteurs aériens et des câbles 334
LINCOLN (Paul-M.). — La traction électrique sur les lignes interurbaines. Comparaison entre le courant alternatif et le courant continu 43
LIPPMANN. — Action du magnétisme terrestre sur une tige d'acier invar destinée à un pendule géodésique 317
LODGE et MUIRHEAD. — Système de télégraphie sans fil.. 50
LOEB (Walther). — Sur la préparation électrolytique des matières colorantes azoïques (*).... 345
LOPPÉ (F.). — Un nouveau système d'éclairage électrique des voitures de chemins de fer........ 349
— Système d'éclairage électrique des trains...... 353

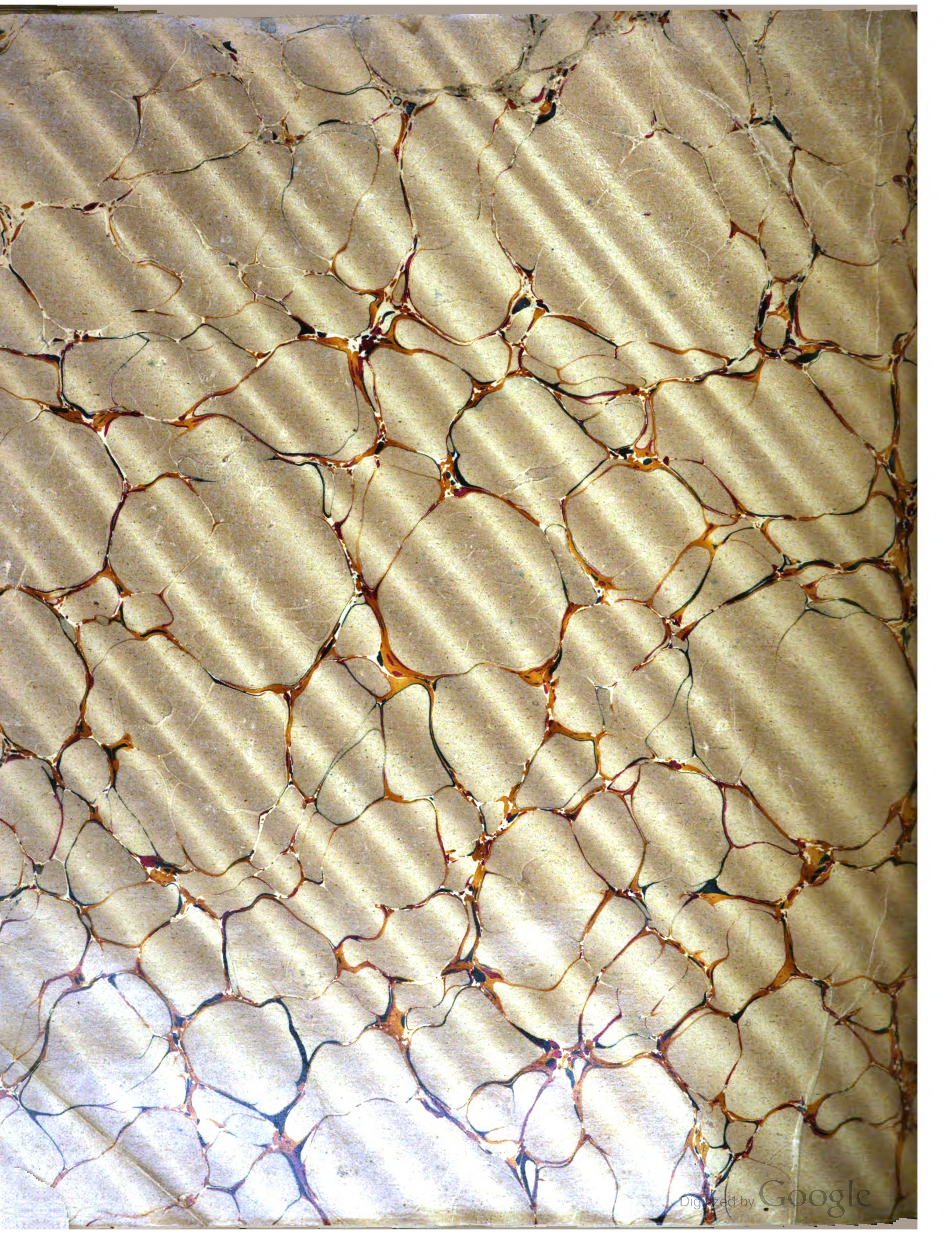
Pages.
— Essais industriels des machines électriques et des groupes électrogènes (B)............... 157
MAC MAHON. — Résultats d'exploitation du City and South London Railway................ 86
MARCHANT (E.-F.) et WORALL (G.-W.). — Emploi des capacités comme multiplicateurs pour les voltmètres électrostatiques dans les réseaux à courant alternatif........................ 185
MARCHÉNA (DE). — Discussion sur les surtensions dans les canalisations électriques........... 348
MARCHIS (M.-L.). — Leçons sur les moteurs d'automobiles et les applications industrielles de l'alcool au chauffage, à l'éclairage et à la force motrice (B)............................ 29
MARÉCHAL (Henri). — Les chemins de fer électriques (B)................................ 220
MAURAIN (Ch.). — Suppression de l'hystérésis magnétique; courbes d'aimantation réversible.. 358
MEDRES (R.). — Démonstration simple et extension de la loi de Kennelly pour passer du montage en triangle au montage en étoile... 81
MOISSONNIER (P.). — L'aluminium, ses propriétés, ses applications (B)....................... 61
MOON (W.). — Résistance du sol et des prises de terre.. 304
MORK (H.-A.). — Mesure de l'isolement du fil de travail dans les lignes de traction........... 48
MULLER (Erich). — Sur la formation électrolytique de l'acide periodique et de ses sels.......... 185
MULLER (Maxim). — La puissance des moteurs de chemins de fer........................... 238
MUIRHEAD. — Voir *Lodge* et *Muirhead*......... 50
NAGAOKA et HONDA. — Sur la magnétostriction des aciers au nickel....................... 287
NEUMANN (B.). — Die Metale-Geschichte, Vorkommen und Gewinnung nebst ausfuhrlicher. Productions- und Preis-Statistik (B)........ 252
NIETHAMMER (F.). — Les dynamos destinées à être accouplées directement aux turbines à vapeur (turbo-dynamos)................... 295
NIEWENGLOWSKI (G.-H.). — Le radium (B)...... 252
NUBLING (R.). — Voir *Elbs* (*K.*) et *Nubling* (*R.*). 118
OECHSLI (Wilhelm). — Sur la formation électrolytique des perchlorates.................... 114
PARKE (R.-A.), — Sur les freins de tramways et de chemins de fer (*)...................... 181
PAWECK (H.). — Sur les lampes à vapeur de mercure et sur une nouvelle lampe à allumage automatique.................................. 368
PÉCHEUX (H.). — Alliages plomb-aluminium (*).. 317
PERRY (F.-B.). — Procédé de tarification de l'énergie électrique........................ 172
PETERS (Franz). — Sur la peroxydation électrolytique du plomb métallique................ 215
PFANHAUSER (W.). — Sur le rendement pendant l'argenture électrolytique (*)............... 345
PFUND (A.-H.). — Sur la pile à sélénium........ 251
PICOU (R.-V.). — Surtensions dans les canalisations électriques........................... 285
PILLIER (L.). — Mesure de l'isolement des coussinets ou isolateurs, supportant le rail ou la ligne de prise de courant pour la traction... 197
PIQUEUR (H.). — Pile hydro-électrique à un seul liquide se renouvelant automatiquement..... 41
PITMAN. — Régulateur pour roues Pellon........ 302
PLECHER. — Récepteur pour télégraphie sans fil.. 206
POPPENBURG (Johannes von der). — Electrode d'accumulateur et procédé pour sa fabrication.. 42
PRATT (G.). — Matière isolante................. 173
RAMSBOTTOM (H.) et RICHARDSON (J.-M.). — Perfectionnements aux accumulateurs.......... 364
REGNOUL. — Application de la force mécanique aux travaux de renouvellement des voies.... 368
REID (J.-H.). — Elément pour la production de l'énergie électrique en partant directement du charbon................................... 298
RENARD (Ch.). — Nouvel appareil destiné à la mesure de la puissance des moteurs........... 317
RENTZCH (H.). — Isolateurs.................... 365
RICHARDSON (J.-M.). — Voir *Ramsbotton* (*H.*) et *Richardson* (*J.-M.*)...................... 364
RICHTER (E.). — Maximum relatif de la lumière émise dans une direction déterminée par un arc à courants continus.................... 310
RIECKE (Ed.). — Courant presque saturé dans l'espace d'air compris entre deux sphères concentriques ou deux plans parallèles...... 90
RIEDER (Joseph). — Galvanotechnique et Photographie..................................... 151
RIGHI (A.). — La Telegraphia senza filo (B)..... 316
RODERBOURG (Carl). — Perfectionnements dans la fabrication des électrodes pour éléments secondaires.................................. 303
ROSENBERG (E.). — L'Électricité industrielle mise à la portée de l'ouvrier (B)............... 61
ROSSET. — Perfectionnements dans les accumulateurs au plomb........................... 233
ROSSET (G.). — Élément normal Daniell pour les laboratoires techniques.................... 311
— Influence de la lumière sur la formation des accumulateurs............................ 301
ROTHÉ. — La polarisation des électrodes........ 347
RUBENS (H.). — Voir *Hagen* (*E.*) et *Rubens* (*H.*). 283
RUTHERFORD (E.). — Actions calorifiques de l'émanation du radium................... 280, 282
SAINT-PAUL. — Voir *Galine* (*L.*) et *Saint-Paul* (B)................................ 284
SARTORI (Giuseppe). — La technique des courants alternatifs (B)......................... 93
SARRAT (M.). — Conditions générales d'utilisation d'une batterie-tampon munie d'un survolteur automatique........................ 65, 97
SCARPA (O.). — Distribution d'un champ dans l'entrefer des électro-aimants Weiss et Faraday.. 250
SCHAUM (K.) et SCHULZE (F.-A.). — Expériences de cours sur les ondes électriques dans les fils. 251
SCHLŒMILCH (W.). — Un nouveau détecteur d'ondes pour télégraphie sans fil........... 207



Pages.
SCHNEIDER (Max) et **BEISSBARTH** (Julius). — Accumulateur électrique 232
SCHOOP (U). — Sur l'électrolyse industrielle de l'eau et sur l'emploi de l'hydrogène et l'oxygène pour la soudure 110
— Influence de la lumière sur la formation des accumulateurs 301
SCHULZ (E.). — Les maladies des machines électriques (B) 316
SCHULZE (F.-A.). — Voir *Schaum* (*K.*) et *Schulze* (*F.-A.*) 251
SCHULZE (G.). — Chute de potentiel dans l'arc électrique 152
SCHUSTER (A.). — Sur le nombre des électrons qui servent de véhicules aux courants de conduction dans les métaux (*) 187
SELBACH (O.-C.). — Pile secondaire à électrodes cylindriques 364
SELLA. — Détecteur magnéto-élastique 208
SEYMOUR (J.-A.). — Comparaison des turbines à vapeur et des machines à mouvement alternatif au point de vue de l'économie de fonctionnement aux faibles charges 363
SKINNER (S.). — *Cavitation* dans la lubrification (*). 331
SIEMENS et **HALSKE**. — Appareil transportable pour mesures de canalisations 53
— Compteur à ailettes pour courant continu 244
SIMMANCE et **ABADY**. — Photomètre à scintillation. 315
SLABY (A.). — Sur la mesure des longueurs d'onde en télégraphie sans fil 209
SLICHTER (Walter-J.). — Les caractéristiques du moteur à répulsion monophasé 199
SPERRY (E.-A.). — Procédé et dispositif pour la régénération des vieilles plaques d'accumulateurs 231
STARK (J.). — Lueur négative secondaire et primaire (*) 187
STEINMETZ (C.-P.). — L'alternomoteur à répulsion. 267
STILWELL (L.-B.). — Emploi des interrupteurs de groupes de feeders dans les grandes stations. 266
SUTHERLAND (H.). — Capacité diélectrique des atomes (*) 373
SUTHERLAND (W.) — Découverte de Crémieu-Pender (*) 373
SWYNGEDAUW (R.). — Courant alternatif (Phénomènes fondamentaux et principales applications du) (B) 125
— Densité de courant et tension les plus profitables pour les transmissions d'énergie 331, 349
TARIEL. — Nouveau microphone 367
TAYLOR (A.-M.). — Essai d'isolement des réseaux. 106
THOMANN (E.) — Nouvelle prise de courant pour chemins de fer électriques 237
— Nouvelle prise de courant pour chemins de fer. 271
THORNTON (W.-M.). — Expériences sur les courants de Foucault 261
TIERSOT (L.). — Dispositifs pour l'électrolyse de l'eau 52
TOMMASI (D.). — Influence de la lumière sur la formation des accumulateurs 301
TOURNEUR (Henri). — Procédé de production de l'énergie électrique par utilisation directe de l'énergie chimique d'un combustible quelconque 41
TOWNSEND (J.-F.). — Charge des ions (*) 373
TURCHI. — Voir *Burné* et *Turchi* 271
TURCHINI. — Voir *Broca* et *Turchini* 253
TURPAIN (A.). — Sur le fonctionnement des cohéreurs associés 122
ULKE (Titus). — Die elektrolytische Rafination des Kupfers (L'affinage électrique du cuivre) (B) 252
VELLINO (C.). — Perfectionnements dans les machines à couler sous pression les électrodes pour accumulateurs et piles 42
— Perfectionnements dans la fabrication des plaques de plomb pour éléments secondaires. 105
VILLARD. — Sur la décharge dans les gaz raréfiés 287
— Sur les rayons cathodiques 347
WALKER (G.-H.). — Tensions dans un champ magnéto-statique (*) 373
WALTER (B.). — Rigidité diélectrique des isolants de haut isolement 84
— Sur la rigidité diélectrique des isolants de haut potentiel 144
WALTER. — Voir *Ewing* et *Walter* 343
WARBURG (E.). — Ozonisation par l'effluve (*) ... 219
WEICKER (W). — Sur la rigidité diélectrique des isolants de haut potentiel 144
WEINTRAUB (E.). — Recherches sur l'arc voltaïque dans les vapeurs métalliques aux basses pressions 274
WESENDONCK (K.). — Remarques sur les décharges dans les tubes raréfiés à électrode unique.... 283
WILKINSON (Geo). — Notes sur les groupes électrogènes, turbines à vapeur, dynamos 77
WITTEBOLLE (R.). — Les canalisations électriques (B) 252
WITTMANN (F.). — Étude et représentation objective des courants de charge et de décharge des condensateurs 153
WITZ (Aimé). — Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole (B) 346
WORALL (G.-W.). — Voir *Marchand* (*E.-F.*) et *Worall* (*G.-W.*) 185

FIN DU TOME PREMIER.

34615 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.


Digitized by Google


UNIV. OF MICH
FEB 26 1909
UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07493 8765
Digitized by Google

